FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1914 — THÈSE — N° —

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

PRÉSENTÉE

Par M. Lucien-Charles-Marie MALLET

ANCIEN INTERNE PROVISOIRE DES HÔPITAUX DE PARIS

Né à Paris, le 28 juillet 1885.

RADIATIONS SOLAIRES
RADIATIONS DE RŒNTGEN

PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES ET MODE D'ACTION COMPARÉ
DANS LE TRAITEMENT DES TUBERCULOSES EXTERNES
DITES CHIRURGICALES

Président : M. WEISS, *professeur.*

Le candidat répondra aux questions qui lui seront faites sur les diverses parties de l'enseignement médical.

PARIS

VIGOT FRÈRES, ÉDITEURS

23, RUE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE

1914

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Doyen	M. LANDOUZY.
Professeurs	MM.
Anatomie	NICOLAS.
Physiologie	Ch. RICHET.
Physique médicale	WEISS.
Chimie organique et chimie générale	DESGREZ.
Parasitologie. Histoire naturelle médicale	R. BLANCHARD.
Pathologie et thérapeutique générales	ACHARD.
Pathologie médicale	WIDAL. TEISSIER.
Pathologie chirurgicale	LEJARS.
Anatomie pathologique	Pierre MARIE.
Histologie	PRENANT.
Opérations et appareils	N...
Pharmacologie et matière médicale	POUCHET.
Thérapeutique	MARFAN.
Hygiène	CHANTEMESSE.
Médecine légale	THOINOT.
Histoire de la médecine et de la chirurgie	LETULLE.
Pathologie expérimentale et comparée	ROGER.
Clinique médicale	CHAUFFARD. GILBERT. DEBOVE. LANDOUZY.
Maladies des enfants	HUTINEL.
Clinique de pathologie mentale et des maladies de l'encéphale	Gilb. BALLET.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	GAUCHER.
Clinique des maladies du système nerveux	DEJERINE.
Clinique chirurgicale	RECLUS. HARTMANN. QUÉNU. Pierre DELBET.
Clinique ophtalmologique	DE LAPERSONNE.
Clinique des maladies des voies urinaires	LEGUEU.
Clinique d'accouchements	PINARD. BAR. RIBEMONT-DESSAIGNES.
Clinique gynécologique	POZZI.
Clinique chirurgicale infantile	KIRMISSON.
Clinique thérapeutique	Albert ROBIN.

Agrégés en exercice :

MM. BALTHAZARD	MM. DUVAL (Pierre)	MM. LENORMANT	MM. PROUST
BERNARD	GOUGEROT	LEQUEUX	RATHERY
BRANCA	GRÉGOIRE	LERI	RETTERER
BRINDEAU	GUÉNIOT	LOEPER	RICHAUD
BROCA (And.)	GUILLAIN	MACAIGNE	ROUSSY
BRUMPT	JEANNIN	MAILLARD	ROUVIÈRE
CAMUS	JOUSSET (A.)	MORESTIN	SCHWARTZ
CARNOT	LABBÉ (Marcel)	MULON	SICARD
CASTAIGNE	LANGLOIS	NICLOUX	TERRIEN
CHEVASSU	LAIGNEL-LAVASTINE	NOBÉCOURT	TIFFENEAU
CLAUDE	LECENE	OKINCZYC	ZIMMERN
COUVELAIRE		OMBRÉDANNE	

Secrétaire de la Faculté : M. DESTOUCHES.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A MA FEMME

A MON PÈRE

A MA MÈRE

MEIS ET AMICIS

A MON MAITRE

Monsieur le Docteur BÉCLÈRE

MÉDECIN DE L'HOPITAL SAINT-ANTOINE
MEMBRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR

Qui nous a inspiré le sujet de ce travail.
Hommage de notre profonde reconnaissance.

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

MONSIEUR LE PROFESSEUR WEISS

MEMBRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR

Respectueux remerciements
pour le très grand honneur qu'il nous fait.

A MES MAITRES DANS LES HOPITAUX

EXTERNAT :

Monsieur le Professeur POZZI

Monsieur le Professeur agrégé PROUST

Monsieur le Professeur agrégé LEGRY

Monsieur le Professeur agrégé THIROLOIX

Monsieur le Docteur CHEVRIER

Monsieur le Professeur agrégé ALGLAVE

INTERNAT PROVISOIRE :

Monsieur le Docteur LAUBRY

Monsieur le Professeur agrégé RIBIERRE

Monsieur le Professeur agrégé LEREBOULLET

Monsieur le Professeur agrégé MENETRIER

A MES AUTRES MAITRES DANS LES HOPITAUX

Monsieur le Docteur SIREDEY

Monsieur le Professeur agrégé RICARD

Monsieur le Professeur agrégé SEBILEAU

A Monsieur DANIEL BERTHELOT

Membre de l'Académie de Médecine, Professeur a l'Université de Paris

---

A Messieurs les Docteurs

VERCHÈRE, MARANGER, E. DANIEL, POULAIN,
VERMOREL, A. MARTIN, JAUGEAS

INTRODUCTION

L'application d'une méthode thérapeutique nouvelle passe généralement par deux étapes :

Une première phase, empirique, où le remède est essayé un peu au hasard; une seconde, scientifique, dans laquelle on cherche à interpréter le mode d'action et à régler la technique.

Le traitement par les radiations solaires et les radiations de Rœntgen a présenté successivement ces deux périodes. Mais, si les rayons X sont entrés rapidement dans la seconde phase, les radiations solaires ont été lentes à sortir du domaine empirique. A l'heure actuelle, un long passé clinique a permis aux héliothérapeutes de régler, d'une façon satisfaisante, l'emploi de la cure solaire, malgré une incomplète connaissance de son mode d'action.

On a fréquemment prêté aux radiations lumineuses un mécanisme thérapeutique analogue à celui des rayons X et certes, les guérisons obtenues par l'une et l'autre méthode dans le traitement des tuberculoses externes pouvaient inciter à émettre un semblable opinion.

Malgré l'analogie curative remarquable de ces deux catégories de vibrations, on doit reconnaître qu'elles se séparent profondément sur bien des points, tant physiques que biologiques.

Si quelques-unes de leurs propriétés peuvent être rapprochées, dans une certaine mesure, une analyse attentive des caractères de ces radiations nous oblige à les considérer comme des agents physiques agissant de façon très différente : L'organisme est adapté héréditairement à la radiation solaire ; il sait s'en servir

ou en atténuer les effets. Mais, en présence de radiations nouvelles comme les rayons X, auxquelles cet organisme n'est pas habitué, il s'en défend mal et n'utilise à leur égard que ses modes réactionnels ordinaires, généralement insuffisants.

Dès maintenant, nous concevons que le mécanisme d'action doit être différent. Dans le cas des radiations solaires, l'organisme met en branle ses systèmes régulateurs ; soumis aux rayons de Rœntgen, il les subit passivement en quelque sorte et c'est la cellule qui est frappée dans son intimité.

Afin de dégager soigneusement le mode d'action des radiations solaires et des radiations de Rœntgen, une mise au point est nécessaire.

Des connaissances précises de l'une et de l'autre catégorie de rayons peut résulter une meilleure et plus complète utilisation de leur énergie et partant, une combinaison des deux méthodes pourra assurer une guérison plus sûre, plus rapide, lorsqu'on les appliquera au traitement des tuberculoses externes.

Soucieux de dissiper les équivoques, notre maître, M. le Dr Béclère, nous a conseillé d'entreprendre ce travail dont il nous a jalonné le chemin.

Dans cette voie, nous avons été déjà précédé par d'autres élèves du Dr Béclère. M. le Dr Jaugeas, son chef de laboratoire, a montré, en janvier 1913, dans un article du *Paris médical*, l'intérêt qu'il y avait à dégager une thérapeutique rationnelle, basée sur une analyse précise du mode d'action comparé des radiations solaires et des rayons de Rœntgen.

Le Dr Tixier, de Menton, a fait entrevoir, dans une communication au Congrès de Londres (1913), tout le bénéfice que l'on pouvait tirer de l'application d'une *méthode mixte* dans les tuberculoses ganglionnaires.

Cette dernière méthode a aussi été préconisée par Roques (de Bordeaux), Pascal (de Cannes), et à l'étranger par Rollier (de Leysin), Iselin et de Quervain (de Bâle), enfin par Schede, en Allemagne.

Notre thèse inaugurale ne fera donc qu'appuyer les travaux des auteurs que nous venons de citer.

Le plan assez vaste, que nous nous sommes tracé, comprend les divisions suivantes :

1° Nous nous efforcerons d'étudier les radiations solaires et de Rœntgen au point de vue physique et chimique. Il nous a paru nécessaire de pousser assez loin cette étude, car une connaissance approfondie de leurs propriétés nous permettra de mieux comprendre les phénomènes biologiques.

2° Nous nous occuperons des phénomènes biologiques des radiations, c'est-à-dire de leurs effets sur les microbes et les animaux et spécialement, de la *pénétration des radiations* au travers des téguments, point capital autour duquel gravite toute l'action thérapeutique. Dans ce même chapitre nous rechercherons l'influence des radiations sur l'homme au point de vue physiologique et nous terminerons par un essai d'interprétation de leur *mode d'action* sur l'organisme.

3° Nous étudierons le rôle thérapeutique de l'héliothérapie et de la radiothérapie.

4° Nous poserons les principes de la technique générale de ces agents physiques.

5° Nous analyserons les résultats obtenus par les deux méthodes en envisageant, particulièrement pour l'héliothérapie, l'influence du milieu ambiant et les avantages respectifs des stations climatériques.

6° Nous établirons la comparaison des deux méthodes d'où découle la combinaison des deux traitements.

7° Dans la dernière partie, nous dirons quelques mots de l'intervention chirurgicale associée à ces agents physiques.

RADIATIONS SOLAIRES

RADIATIONS DE RŒNTGEN

PREMIÈRE PARTIE

ÉTUDE PHYSIQUE
DES RADIATIONS SOLAIRES ET DE RŒNTGEN

CHAPITRE PREMIER

RADIATIONS SOLAIRES

Définition et nature de la lumière. — Spectre solaire. — Longueur d'onde. — Rayons visibles du spectre. — Rayons calorifiques. — Radiations chimiques. — Spectre ultra-violet. — Mécanisme intime de l'action chimique. — Transparence variable des corps pour les radiations. — Rapport des radiations entre elles. — Antagonisme des radiations. — Moyens de mesure des radiations. — Variations dans le rapport des diverses radiations : altitude, climats.

Qu'est-ce que la lumière? — C'est une ondulation qui se propage dans l'éther physique et qui venant frapper notre œil, y éveille une sensation d'un ordre particulier que nous appelons *sensation lumineuse*. Grâce à elle, le champ de la conscience est considérablement agrandi ; elle nous ouvre une porte sur le monde extérieur.

Nature de la lumière. — De tous temps, les hommes se sont passionnés pour l'étude de ce problème et les hypothèses qu'ils ont faites pour expliquer la nature et la formation des phé-

nomènes lumineux, ont été nombreuses. Sans nous arrêter aux hypothèses d'Empedocle pour qui la lumière est un fluide subtil s'écoulant des sources lumineuses, de Démocrite, Epicure et Lucrèce qui la comparent à une émanation odorante s'exhalant comme le parfum d'une fleur à la surface des corps; ni à celle d'Aristote et des platoniciens qui considèrent l'œil comme un projecteur d'émanations entrant en contact avec les corps, il faut arriver au XVII^e^ siècle pour qu'une forme plus scientifique soit donnée à ces théories. Gassendi avait repris le système de Démocrite en le développant, mais c'est surtout le génie de Descartes qui entrevoit la vérité: pour lui, l'espace est rempli de particules contiguës; les sources de lumières solaire ou autres, poussent celles qui les touchent et l'impulsion se transmettant aussitôt par élasticité, fait jaillir en tous sens la lumière.

Théorie de l'émission. — Au commencement du XVIII^e^ siècle, Newton, reprenant l'hypothèse corpusculaire, avait imposé au monde savant la célèbre théorie de l'*émission*. Il suppose que les corps lumineux projettent dans toutes les directions, avec une rapidité extrême, des corpuscules d'une grande ténuité, très distants les uns des autres par le fait de leur petitesse et capables de parcourir, en tous sens, un même espace sans se rencontrer. Les rayons, frappant la rétine, donneraient la sensation lumineuse; enfin, les différentes couleurs seraient produites par des particules d'espèces variées. Cette hypothèse, incompatible avec les phénomènes d'interférences, de polarisation, de réfraction, etc., devait tomber devant les belles recherches de Thomas Yung, Fresnel, Arago et, après eux, une série d'autres expérimentateurs, Cauchy, Green, qui établirent, sur des bases solides, la théorie des ondulations dans la première partie du XIX^e^ siècle.

Théorie des ondulations. — Cette théorie avait déjà été soupçonnée par Malebranche qui comparait les phénomènes lumineux à ceux du son, et avait été indiquée d'une façon précise par Huygens, en 1690. Ce dernier suppose l'espace occupé par un milieu très subtil et très élastique. Pour lui, l'*éther* remplit d'une façon intime les pores de la matière. Il dit que *les molécules des corps lumineux sont animés de vibrations très rapides qui se communiquent à l'éther et viennent exciter les terminaisons nerveuses de la rétine.*

Les savants du début du XIXe siècle n'ont fait que confirmer expérimentalement ce système. Plus tard, la théorie des ondulations révélait sa portée générale, lorsqu'il fut démontré que des phénomènes d'un autre ordre devaient s'y rattacher. En effet, les vibrations, vecteurs de la lumière, étaient capables encore de transmettre de la chaleur et de l'électricité.

La lumière solaire. — Le soleil, la plus puissante des sources lumineuses, est distant de la terre de 37 millions de lieues. C'est une des plus petites étoiles. Bien que relativement proche de nous par rapport aux autres étoiles, sa lumière ne se transmet pas instantanément, comme le croyait Descartes, mais parcourt l'espace qui le sépare de notre globe en huit minutes trente-trois secondes (la vitesse de propagation de la lumière étant de 300.400 kilomètres à la seconde, soit environ 75.000 lieues par seconde).

Source de chaleur la plus élevée que l'on connaisse, la température du soleil est d'environ 6.000 degrés[1].

Lois qui régissent la lumière. — *La lumière se propage en ligne droite.* La lumière, ainsi que la chaleur rayonnante quand elle se propage sans obstacle dans un milieu homogène comme l'éther, marche en ligne droite. Un rayon lumineux[2] est une direction qui, partant d'un centre d'émission, aboutit à une circonférence réceptrice.

Si ce rayon vient à frapper une surface polie et si cette surface est celle d'un corps opaque, une partie plus ou moins considérable de la lumière, qui se propageait avec le faisceau incident, parcourt alors dans le même milieu une direction inverse: *c'est le faisceau réfléchi.*

Si la surface polie est celle d'un corps transparent comme le verre ou l'eau, le faisceau incident donne naissance non seulement à un faisceau *réfléchi*, mais aussi à un faisceau *réfracté* qui pénètre dans le corps transparent, la lumière incidente est ainsi partagée en lumière *réfractée* et en lumière *réfléchie*.

1. L'arc électrique, source artificielle fournissant le plus de chaleur, ne dépasse guère 3.000 degrés.

2. Le mot rayon, depuis l'abandon de la théorie newtonienne, a perdu son sens véritable. Si ce vocable subsiste, c'est qu'on est convenu d'adopter ce terme pour exprimer la propagation rectiligne d'un mouvement vibratoire.

Expérimentalement, il est difficile de toujours s'adresser aux rayons lumineux émanés du soleil et, dans la pratique courante, on a le plus souvent recours aux sources artificielles pour l'étude des phénomènes lumineux.

Observons, par exemple, la flamme d'un brûleur Bunsen dans laquelle nous aurons placé un peu de chlorure de sodium, le sel se volatilise et sa vapeur communique à la flamme une coloration jaune très intense. Faisant passer le faisceau lumineux à travers une fente, puis coupant le trajet des rayons par un prisme, nous constatons une déviation de ce faisceau qui viendra s'épanouir sur un écran *en un point*, mais en conservant toujours la même coloration. Nous dirons que la lumière de la flamme sodée est une lumière simple (monochromatique). Si, au lieu de mettre dans la flamme du chlorure de sodium, nous y introduisons du chlorure de *lithium*, dont la vaporisation donne une *flamme rouge*, nous obtenons sur l'écran une image rouge très nette, placée en un *point autre* que celui du sodium, mais plus près de *l'arête du prisme*. Dans ce cas, nous avons encore une lumière monochromatique, mais moins déviée que la précédente.

Enfin, si nous substituons au prisme de verre un prisme de cristal *de même angle*, l'expérience donne le même résultat quant à la netteté de l'image, mais la déviation de celle-ci est différente des précédentes. Il faut en conclure que chaque substance possède un *indice déterminé de réfraction*.

(Ces notions sont nécessaires pour nous faire comprendre ce qui se passe dans la lumière solaire.)

Spectre solaire. — Les rayons lumineux envoyés par le soleil nous apparaissent comme constitués par une lumière blanche. Longtemps on a cru que les rayons lumineux étaient absolument indécomposables.

C'est l'illustre Newton qui, le premier, a fait « l'anatomie de la lumière » et prouva, par une longue série de brillantes expériences, que la lumière blanche était constituée d'une multitude de rayons de couleurs différentes.

Répétant l'expérience du célèbre physicien anglais, voici ce qu'on observe : Plaçant un prisme de verre sur le trajet d'un mince rayon de lumière solaire, aussitôt nous voyons les lumières élémentaires apparaître éparpillées en éventail, dans un ordre toujours le même. On en distingue sept principales : violet,

indigo, bleu, vert, jaune, orangé, rouge, dont la juxtaposition forme *le spectre*.

Le rouge apparaît toujours du côté de l'arête du prisme, le violet du côté de la base. On dit que le rouge est moins dévié que le violet ou encore que le rouge subit, à un moindre degré que le violet, le phénomène de *réfraction* (Nogier).

La méthode de décomposition des rayons lumineux employée par Newton est capable de nous montrer d'autres phénomènes. Dans la bande spectrale, parmi de vives couleurs, on observe un grand nombre de *raies obscures parallèles à l'arête du prisme*. La production de ces lignes obscures avait échappé à Newton, probablement à cause du peu d'homogénéité des lentilles dont il pouvait faire usage. Ce phénomène fut signalé par Wollaston, puis étudié par Fraunhofer, en 1815 (d'où le nom de raies de Fraunhofer). Ces raies, fort nombreuses (600, pour Fraunhofer, et plus tard 4.000), ont été réparties en huit groupes principaux, que l'on distingue aisément. Elles sont désignées de la façon suivante :

A, est une raie située à la limite du rouge obscur;
B et C, sont dans le rouge;
D, à la limite de l'orangé et du jaune;
E, aux confins du jaune et du vert;
F, dans le vert;
G, dans l'indigo;
H, dans le violet.

La connaissance de ces raies a rendu des services importants à la chimie pour l'étude du spectre des métaux. En effet, si l'on éclaire la fente du spectroscope avec la lumière de Drummond, qui donne un spectre continu, et qu'on interpose, entre cette source lumineuse et la fente, une large flamme d'alcool sodée, on voit apparaître, dans le spectre, une raie noire à la place même de la raie jaune que produirait la flamme d'alcool sodée, si celle-ci éclairait seule la fente; le reste du spectre n'est pas modifié. Ainsi traversée par la lumière émanée d'une source plus intense, « la flamme sodée absorbe les rayons qui ont la même réfrangibilité que les rayons qu'elle émet elle-même, et ceux-là seulement; elle est transparente pour les autres » (Chassagny)[1].

1. *Cours de physique*, p. 634. Paris, Hachette.

Si, au lieu d'expérimenter avec du chlorure de sodium, nous utilisons le chlorure de lithium, on obtient dans le spectre une raie noire à la place de la raie rouge de ce métal. On doit donc conclure que ces considérations sont générales et s'appliquent à toutes les vapeurs incandescentes. Ces faits d'expérience, auxquels on a donné le nom de *renversement des raies* (Foucault), rapprochés de ceux observés dans la lumière solaire (raies de Fraunhofer), ont permis au physicien Kirchoff de formuler l'hypothèse suivante sur la constitution du soleil : « La partie rayonnante de cet astre est principalement constituée par un noyau fluide incandescent, la *photosphère*. Ce noyau est entouré d'une couche gazeuse d'une épaisseur relativement faible, lumineuse aussi, mais d'un éclat bien moindre et qu'on nomme la *chromosphère*. La lumière émise par la photosphère seule donnerait un spectre continu, mais certains de ses rayons sont absorbés en traversant la chromosphère, exactement comme dans l'expérience de Foucault, et des raies noires apparaissent alors dans le spectre, à la place même des raies brillantes qu'offrirait le spectre de la chromosphère seule. »

Cette hypothèse a été vérifiée par Janssen de la façon suivante : Si l'on produit, à l'aide d'une lentille à long foyer, une image réelle du soleil et qu'on place la fente du spectroscope sur le bord même de cette image, où n'arrive, en somme, que la lumière émise par la chromosphère, on obtient un spectre de raies brillantes [1]. Il résulte de là que, si l'on observe la coïncidence de certaines raies obscures du spectre solaire avec les diverses raies brillantes qui caractérisent un corps gazeux déterminé, porté à l'incandescence, on en pourra conclure la présence de ce corps dans l'atmosphère solaire. C'est ainsi que l'analyse spectrale a permis de reconnaître, dans celle-ci, l'existence de l'hydrogène (raies C, F, G), du sodium (raie D), du magnésium (raie B), d'un grand nombre d'autres métaux et probablement du carbone. Certains corps paraissent manquer dans le soleil, au nombre desquels nous citerons l'oxygène, le silicium et

1. Sous le nom de *raies telluriques*, on décrit, dans le spectre solaire, certaines *raies noires*, assez larges, d'autant plus nettes que le soleil est plus près de l'horizon, c'est-à-dire que l'épaisseur de la couche atmosphérique, traversée par les rayons, est plus considérable. Ces raies, qui ne sont autres que les raies d'absorption de notre atmosphère elle-même, sont dues les unes, au voisinage de la raie D, à la vapeur d'eau; les autres, qui figurent dans les groupes A et B, à l'oxygène.

les métaux précieux : argent, mercure, or, platine (Chassagny)[1].

Radiations invisibles. — Dans l'expérience du prisme, notre œil ne nous a pas tout révélé. Prenons un thermomètre sensible et déplaçons-le dans la région située au-dessous du rouge, dans la direction de l'arête du prisme : nous constatons que le mercure monte. Placé dans le bleu ou le violet, le thermomètre reste insensible et accuse une élévation de température s'il revient dans le rouge. Mettons un écran fluorescent (sulfure de zinc, platino-cyanure de baryum) au delà du violet visible, il s'illumine sur une certaine longueur. Notre œil n'a donc pu nous déceler, de chaque côté du spectre produit par le prisme, certaines radiations que le thermomètre et l'écran fluorescent ont mis en évidence. « Il n'y a, dans cette incapacité de notre œil, à percevoir des vibrations trop lentes ou trop rapides, rien qui doive nous étonner. Tous nos organes sensoriels sont réglés, organisés pour n'entrer en action qu'entre des limites bien définies. Ainsi, notre nerf auditif, frappé par 18 et 20 vibrations par seconde, n'est pas plus excité que lorsque le nombre des vibrations dépasse 38.000. Aveugles pour certaines lumières, sourds pour certains sons, nous devons à la sensibilité limitée de nos organes une tranquillité nécessaire à la vie » (Nogier)[2].

Le spectre, purement calorifique, que l'on découvre au delà du rouge, est formé de rayons obscurs moins réfrangibles encore que le rouge. Il présente également des régions très limitées où la propriété calorifique diminue brusquement (raies inactives) : on donne à ce spectre le nom *d'infra-rouge*. Nous verrons que son étendue augmente lorsqu'on utilise un prisme de sel gemme, substance absorbant fort peu les rayons calorifiques obscurs.

1. Lorsqu'on regarde, au spectroscope, d'une part un solide ou un liquide incandescent, d'autre part une vapeur incandescente, on remarque une différence essentielle : le spectre des solides ou des liquides est continu ; le spectre des gaz ou vapeur est discontinu. A quoi tient ce contraste? Les molécules gazeuses étant éloignées les unes des autres, leurs chocs sont relativement rares; chacune vibre pour son propre compte. Le spectre est formé d'une multitude de raies brillantes distinctes et fines, caractéristiques des éléments chimiques. Si l'on comprime les gaz, les molécules se rapprochent; leurs chocs deviennent plus nombreux; les raies s'élargissent. Dans les gaz très comprimés, dans les solides, dans les liquides, ces chocs sont devenus si nombreux que toutes les raies sont confondues. (D'après D. Berthelot : *Rapp. Congrès de Cannes*, 1914, p. 22.)

2. *Avenir médical*, 1er mai 1913.

L'écran fluorescent, promené au delà du violet, nous a révélé une propriété curieuse de ces radiations, qui sont également capables de déterminer certaines réactions chimiques, de décomposer, en particulier, les sels d'argent; nous sommes donc en présence de *radiations chimiques*. Ces propriétés, surtout intenses dans la partie la plus réfrangible du spectre, s'observent également dans le violet et le bleu, la région rouge étant à peu près inactive. Ces rayons chimiques obscurs, révélés au delà du violet, portent le nom de spectre *ultra-violet*. Ce spectre est sillonné de raies inactives, comme le spectre lumineux lui-même.

Chaque radiation monochromatique du spectre solaire a les propriétés d'une lumière simple :

Isolons, à l'aide d'un écran percé d'une fente, une des lumières élémentaires fournies par le prisme, le vert par exemple, et faisons-le tomber sur un deuxième prisme; ce deuxième prisme ne la modifie pas, n'en change pas la coloration. Comme pour le sodium ou le lithium, nous avons une radiation monochromatique. Chacune des lumières, donnée par le premier prisme, est donc simple.

« Toute lumière simple est caractérisée, au point de vue physique, par un nombre rigoureusement fixe de vibrations dans une seconde; un faisceau de lumière blanche est constitué par une gamme de couleur comme un ensemble de sons est constitué par une gamme de sons. Pour les vibrations lumineuses comme pour les vibrations sonores, on distingue des vibrations plus ou moins rapides, plus ou moins lentes, et on les classe par octave. Une vibration est à l'octave d'une autre lorsque le nombre des vibrations qui la caractérise est le double de cette autre. Ainsi, les vibrations : 1.000, 2.000, 4.000, 8.000, 16.000, 32.000 sont à l'octave les unes des autres et, des premières au dernières, nous comptons 5 octaves. Le nombre des vibrations lumineuses en une seconde, ou autrement dit leur fréquence, est très élevé : environ 756 trillions par seconde pour le violet, 394 trillions par seconde, pour le rouge; c'est entre ce minimum et ce maximum que prennent place toutes les radiations qui ébranlent notre œil » (Nogier)[1].

Comme nous l'avons vu, chaque radiation élémentaire est

1. *Loc. cit.*

caractérisée d'une façon absolue par sa réfraction dans un milieu défini, mais il est possible de la déterminer d'une manière plus rigoureuse ; en effet, la théorie ondulatoire, en montrant que la lumière n'était constituée que de vibrations variant par leur fréquence à la seconde, a permis de donner à chaque radiation une grandeur caractéristique et mesurable : *sa longueur d'onde.*

Longueur d'onde. — La longueur d'onde est le chemin parcouru dans le vide par le front de l'onde pendant la durée d'une période [1] du mouvement vibratoire. Elle est égale au quotient de la vitesse de la lumière (300.000 kilomètres-seconde dans le vide) par le nombre de vibrations de la radiation considérée : $\lambda = \frac{V}{N}$, en appelant V, la vitesse de la lumière et N, la fréquence.

Comme la période T est l'inverse de la fréquence N, on peut encore écrire : $\lambda = VT$.

Les longueurs d'onde s'expriment en micron (μ) (millième de millimètre) [2]. C'est ainsi que les limites du spectre visible s'étendent entre $0\mu,700$ pour le rouge et $0\mu,400$ pour le violet [3].

Dans le spectre solaire, les radiations deviennent peu inférieures à $0\mu,300$ dans l'ultra-violet, mais vont bien au delà de $0\mu,700$ dans l'infra-rouge.

Unités Angström. — Par décision du Congrès des études solaires (1907), on tend à substituer la notation en unités Angström à l'ancienne notation en micron.

L'Angström est le dix millième de micron, ou encore le *dix millionnième de millimètre*; les longueurs d'onde sont alors exprimées par des nombres de quatre chiffres [4] :

1. On représente le mouvement vibratoire des radiations dans l'espace par une courbe *sinusoïdale*, schématisant les vibrations de l'éther de part et d'autre d'une ligne, la ligne des X qui passe par les points d'équilibre. *La période* est le temps nécessaire à une oscillation pour accomplir son double mouvement au-dessus et au-dessous de sa position d'équilibre. Chaque période se compose de deux phases opposées ou de signe contraire (*la phase étant une demi-période*).
2. Oudin et Zimmern : *Radiothérapie*. Baillière.
3. Ou plus exactement : $R = 0\mu,751$, $V = 0\mu,397$.
4. On écrira donc pour le rouge : $\lambda = 7.510$ A ; pour le violet : $\lambda = 3.970$ A.

Tableau comparé des longueurs d'onde et des vibrations pour tous les rayons visibles du spectre.

RAYONS	LONGUEURS D'ONDE	VIBRATIONS
Rouge	0µ663 à 0µ698	486 trillions.
Orangé	0,600 à 0,660	511 —
Jaune	0,562 à 0,583	544 —
Vert	0,500 à 0,544	595 —
Bleu	0,457 à 0,500	631 —
Indigo	0,434 à 0,449	668 —
Violet	0,392 à 0,408	709 —

Comme le montre ce tableau, le rapport constant qui lie les longueurs d'onde aux vibrations, est inhérent à la nature de l'éther, dont les ébranlements périodiques se transmettent toujours avec une vitesse constante de 300.000 kilomètres-seconde. C'est cette transmission de mouvements oscillatoires par l'éther qui constitue les radiations.

Les radiations ne diffèrent donc pas entre elles par la vitesse de propagation du front de l'onde : *cette vitesse est la même.* Elle ne diffèrent entre elles que par leur longueur d'onde et par conséquent, par leur période.

Pour chaque espèce de radiation, la longueur d'onde (λ) varie comme la période T et en raison inverse de la fréquence, puisqu'on a $N\lambda = V =$ constante.

D'une façon plus concrète, nous pouvons nous représenter ce rapport entre la fréquence et la longueur d'onde comme deux hommes, *l'un grand et l'autre petit*, marchant tous les deux à la même vitesse, mais l'homme petit faisant deux enjambées (deux longueurs d'onde), tandis que l'homme grand n'en fait qu'une seule dans le même temps.

Les longueurs d'onde varient dans des limites très étendues, depuis plusieurs kilomètres et mètres (radiations hertziennes), jusqu'à des longueurs d'onde de l'ordre du millième, du dix millième, du millionnième de millimètre pour les rayons lumineux, ultra-violets, de Rœntgen, de Becquerel.

Ces vibrations se font perpendiculairement à la direction du rayonnement, c'est-à-dire à l'axe suivant lequel se propage le mouvement : ce sont des *vibrations transversales* [1].

1. Le rapport qui lie la longueur d'onde à la matière est considéré comme immuable et un corps *déterminé* donnera toujours le même spectre lumineux. C'est sur cette spécificité qu'est fondée l'analyse spectrale. Cependant, un

« Ainsi la science, écrit Guilleminot, met aujourd'hui sous nos doigts un immense clavier dont nous ne manions que quelques notes, mais que nous apprenons chaque jour à connaître davantage. »

Classification générale des radiations.

Rayons X et rayons du radium	$\lambda = 0^{\mu\mu},01$	Walter et Pohl. Sommerfeld et Koch. Laue (vérification expérimentale). — Hypothèse.
Ultra-violet	$\lambda = 0^{\mu},10$ à $\lambda = 0^{\mu},40$	Lyman. Lénard et Ramsauer.
Spectre visible	$\lambda = 0^{\mu},40$ à $\lambda = 0^{\mu},70$	
Spectre infra-rouge	$\lambda = 0^{\mu},70$ à $\lambda = 0^{mm},3$	Rubens et Aschkinass.
Oscillations hertziennes	$0^{m},003$ et au-dessus	plusieurs mètres et plusieurs kilomètres.

Passons maintenant en revue les différents ordres de radiations auxquelles nous venons de faire allusion.

RAYONS VISIBLES DU SPECTRE

Propriétés physiques et chimiques. — Constitué par la succession des *sept couleurs fondamentales*, il suffit d'un simple coup d'œil pour s'apercevoir que l'intensité lumineuse n'est pas égale dans tous les points du spectre.

Herschel a constaté que le maximum se montre dans les parties jaunes et vertes, plus précisément à la limite du jaune, entre les raies D et E (Fraunhofer).

« Les expériences de Langley ont montré, de plus, que ce sont

phénomène décrit par le physicien Zeeman et interprété par Lorentz a ébranlé cette propriété qui paraissait invariable. En effet, si l'on met entre les pôles d'un aimant puissant une flamme *sodée* donnant une *raie jaune caractéristique* et qu'on examine sa lumière suivant la ligne qui joint les pôles, on voit, entre autres phénomènes, cette raie se dédoubler et donner deux raies, dont l'une se rapproche du violet et l'autre du rouge.

La rapidité des vibrations a donc augmenté pour l'une et diminué pour l'autre et tout s'explique, par ce fait que le champ magnétique a accéléré dans un sens et retardé dans l'autre le mouvement des corpuscules électrisés ou électrons, dont la rotation constitue la lumière. (Discours du professeur d'Arsonval, *Congrès de Cannes*, 1914.)

les radiations jaunes qui donnent à l'œil la plus grande acuité visuelle. Il est intéressant de constater que l'œil humain est adapté pour utiliser le mieux possible les radiations qui, dans le spectre solaire tel qu'il nous arrive modifié par l'atmosphère, ont la plus grande énergie » (Chatin et Carle).

En outre de ses effets particuliers sur la rétine et des nombreux phénomènes qu'elle engendre dans la nature, la portion visible du spectre est susceptible de déterminer des actions physiques et chimiques. Ces manifestations sont d'ailleurs représentées à un degré beaucoup plus élevé par des radiations plus réfrangibles. Signalons cependant, dans la partie violette et bleue, une action toute particulière sur la réduction des sels d'argent. La plaque photographique est très sensible à ces radiations. Le chlore et l'hydrogène sont combinés à froid sous leur influence; le sélénium est rendu conducteur de l'électricité. Ces radiations peuvent, en outre, provoquer la fluorescence de certains corps.

Mais la puissance calorifique de ces radiations violettes et bleues est réduite au minimum.

A l'inverse de ce que l'on pourrait croire, ce n'est donc pas la partie la plus brillante du spectre (celle qui avoisine le jaune et le rouge) qui présente l'action chimique la plus intense. Ceci nous explique les phénomènes paradoxaux obtenus parfois en photographie :

Les photographies de deux objets, l'un coloré en violet, l'autre coloré en rouge, donneront, avec des plaques ordinaires, des résultats inattendus. En effet le premier, ayant fortement réduit le bromure d'argent, apparaîtra clair au positif, tandis que le second, sans action chimique, sera noir. On sait également combien il est difficile d'obtenir la photographie des nuages colorés en rouge par un soleil couchant [1].

En revanche, les rayons rouges possèdent un grand pouvoir calorifique et c'est surtout par ces propriétés qu'ils se manifestent, comme nous allons le voir, en étudiant des radiations moins réfrangibles encore.

1. Si, à l'ordinaire, les effets chimiques de la partie rouge du spectre sont fort réduits, cette région n'en est pourtant pas dépourvue complètement : il est possible, en utilisant certaines plaques photographiques, dites *orthochromatiques*, de les révéler.

RAYONS CALORIFIQUES. — SPECTRE INFRA-ROUGE

Propriétés physiques et chimiques. — Nous avons vu qu'au delà des rayons rouges du spectre, quoique la région soit *obscure*, si nous continuons à promener un thermomètre ou mieux un bolomètre[1], on observe une élévation de température. Cette région, nommée le *spectre infra-rouge*, fut découverte par Herschell en 1801. A première vue, on peut s'étonner que les régions les plus lumineuses du spectre ne soient pas les plus chaudes; une expérience particulièrement saisissante de Tyndall le démontre avec netteté : « Sur un ballon de verre rempli d'eau pure, dirigeons un faisceau de lumière solaire; les rayons réfractés se réuniront, après l'avoir traversée, en un foyer très lumineux comme s'ils sortaient d'une lentille de verre. Ce point est aussi, nous le savons, un foyer de chaleur. Remplaçons l'eau pure du ballon par un liquide opaque pour la lumière; si ce liquide est convenablement choisi, il laissera passer sans les modifier les rayons infra-rouges et, au foyer devenu invisible, se manifesteront encore de puissants effets calorifiques. Une dissolution d'iode dans le sulfure de carbone jouit de cette curieuse propriété; sa couleur violette très foncée intercepte complètement la lumière. Quand son épaisseur est suffisamment grande, notre ballon rempli d'un pareil liquide enflammera sans peine à son foyer de l'amadou ou de la poudre, tandis que l'œil est incapable d'y percevoir la moindre clarté.

« Voilà donc une substance impénétrable aux rayons lumineux et éminemment transparente pour la chaleur obscure. Les propriétés opposées se rencontrent dans beaucoup de corps; elles sont infiniment plus communes. En première ligne, il faut placer l'alun, qui absorbe avec énergie les radiations obscures et laisse passer facilement la lumière.

« Si l'on remplace, dans le ballon de l'expérience précédente, la solution opaque d'iode par une solution concentrée et incolore d'alun, on obtient au foyer un éclat éblouissant, tandis que les propriétés calorifiques sont singulièrement affaiblies. Un fragment de coton-poudre, par exemple, s'enflamme instantanément, sous l'influence de rayons invisibles tamisés par l'iode;

1. Le bolomètre de Langley est sensible au dix millième.

il reste indéfiniment intact au foyer éblouissant des rayons filtrés par l'alun[1]. »

D'après ce qui précède, on conçoit que les radiations calorifiques du spectre varieront suivant la nature du prisme employé, certains absorbant ou dispersant plus ou moins de radiations calorifiques que d'autres, tout en permettant aux rayons lumineux de passer intégralement. Un prisme de sel gemme ou de Sylvine, seul, donne un spectre calorifique et lumineux intact, c'est-à-dire dans lequel *aucune radiation n'est sensiblement absorbée.*

Etendue du spectre infra-rouge. — La plus ancienne mesure de longueur d'onde dans le spectre infra-rouge, découverte en 1847 par Fizeau et Foucault, atteignait 1μ,447.

Des travaux plus récents ont considérablement augmenté la gamme de ces radiations.

En 1879, Mouton arrivait à mesurer une longueur d'onde de 2μ,447. En 1880, Desains et Curie arrivaient à 7 μ. En 1886 et 1888, par l'emploi du bolomètre, Langley put reculer les limites de l'infra-rouge jusqu'à 15 μ.

Enfin, ces dernières années, Rubens, Nichols et Aschkinass sont arrivés, grâce à la méthode des réflexions successives sur le sel gemme ou la sylvine, à découvrir dans les radiations du manchon Auer, des rayons (rayons restants) de λ égale à 60 μ et, tout récemment, dans le spectre de la lampe en quartz à vapeur de mercure, des radiations ayant une longueur d'onde voisine de 300 μ. Ces découvertes successives étendent de 9 octaves 1/2 le spectre de l'infra-rouge. Mais toutes ces radiations ne s'observent pas dans le spectre solaire, car l'infra-rouge extrême, issu de cette source, est absorbé par la vapeur d'eau atmosphérique.

Les radiations infra-rouges établissent un lien étroit entre la lumière et l'électricité; elles ont, sur certains appareils, une action analogue aux ondulations électriques et permettent de passer progressivement de l'une à l'autre.

En deçà de l'infra-rouge, nous trouvons, en effet, les ondulations hertziennes et électriques. Les plus courtes longueurs d'onde qui aient pu être produites en rayons hertziens mesurent

1. *La lumière.* Hachette. 1880.

$\lambda = 3$ millimètres. On voit qu'il existe un petit intervalle de quelques octaves seulement encore inexplorées, pour que ces deux sortes d'ondes, calorifiques et hertziennes, puissent se rejoindre[1].

En 1873, Maxwell, soupçonnant déjà l'identité des phénomènes lumineux et électriques, édifiait la théorie électro-magnétique de la lumière. D'après l'illustre physicien anglais, une onde lumineuse serait tout à fait assimilable à une suite de perturbations électro-magnétiques qui changeraient de sens un quatrillion de fois par seconde et qui se propageraient de proche en proche par *induction* dans l'air ou le vide interplanétaire.

Les mémorables expériences de Hertz apportèrent une vérification expérimentale des plus solides à l'hypothèse de Maxwell. On a pu constater, en effet, dans les ondes électriques, la plupart des propriétés des ondes lumineuses : réflexion sur des surfaces métalliques, réfraction à travers des prismes, interférences.

Enfin, les ondes électriques se propagent avec la même vitesse que les ondes lumineuses; les unes et les autres se transmettent par le même milieu, l'éther, et elles ne diffèrent que par la période de leurs vibrations respectives (Chassagny).

Dans le cas particulier des radiations infra-rouges, nous voyons ces vibrations de l'éther, douées d'une puissance mécanique considérable, capable d'imprimer aux mollécules matérielles un mouvement qui les écarte les unes des autres. *Ce pouvoir de dilater les corps constitue la chaleur.*

RADIATIONS CHIMIQUES

Spectre ultra-violet. — Au delà du violet et du côté de la base du prisme, se trouvent des radiations invisibles, que la photographie nous permet d'étudier. Afin de donner une idée suffisamment précise des radiations ultra-violettes et de leur étendue spectrale, nous nous adresserons à des sources artificielles, riches en ces sortes de vibrations, telles que la *lampe à arc*, la *lampe à mercure*, l'*étincelle électrique*; nous montrerons ensuite dans quelles limites s'étend le spectre solaire. Pour étudier convenablement et complètement les rayons ultra-violets, il faut

1. Les rayons hertziens $= \lambda\ 3^{mm}$. — Rayons de Rubens $= \lambda\ 0^{mm},3$.

abandonner le prisme de verre avec lequel nous avions obtenu le spectre lumineux, le verre étant très opaque aux radiations de très courtes longueurs d'onde.

Si donc nous plaçons, sur un trajet de faisceau de lumière riche en rayons U. V., un prisme de quartz ou de fluorine, nous constatons qu'il décompose la lumière en radiations monochromatiques et, si nous plaçons un écran fluorescent au delà du violet, nous le voyons s'illuminer sur une grande longueur, au delà des derniers rayons visibles. Cette longue bande lumineuse représente le spectre ultra-violet de la source étudiée.

Actuellement, les rayons ultra-violets vont de la longueur d'onde 3.970 A. à la longueur d'onde 1.000 A.

On peut diviser artificiellement cette gamme lumineuse de la façon suivante : Considérant le spectre de radiations fourni par la lampe à mercure, nous plaçons dans la partie ultra-violette du spectre un écran au platino-cyanure de baryum qui le rend visible pour notre œil par suite d'un phénomène de fluorescence. Si nous intercalons maintenant, entre le prisme de quartz et l'écran, une glace sans tain de 5 à 6 millimètres d'épaisseur, le spectre ultra-violet diminue brusquement de longueur; il est coupé au niveau de la longueur d'onde 3.000 A. Ce qui reste d'ultra-violet entre cette longueur d'onde et le commencement du spectre visible est *l'ultra-violet ordinaire*. (λ 3.000 A. à 4.000 A.)

Supprimons la glace de verre, placée entre le prisme et l'écran, le spectre ultra-violet retrouve immédiatement sa longueur primitive jusqu'à la limite du spectre du mercure, c'est-à-dire vers la longueur d'onde 2.225 A.

Cette partie de l'ultra-violet est *l'ultra-violet moyen*[1] (λ 2.225 A. à λ 3.000 A.).

Quant à l'ultra-violet, compris entre 2.225 A. et 1.000 A., c'est l'*ultra-violet extrême ou supérieur*. Il n'est pas donné par les lampes en quartz à vapeur de mercure; l'expérience ci-dessus ne peut donc nous le montrer (Nogier).

1. Au lieu d'expérimenter schématiquement et d'une façon un peu grossière, comme nous venons de le décrire, nous pourrons utiliser un spectroscope dont l'oculaire sera remplacé par un écran fluorescent (verre d'urane, platino-cyanure, etc.), ou mieux par une pellicule au gélatino-bromure d'argent, placée dans une chambre photographique; le spectroscope est devenu un *spectrographe*. Un dispositif micrométrique nous permettra de repérer de distance en distance les radiations; de plus, nous aurons par ce procédé une image durable, un *spectrogramme*.

Les vraies sources d'ultra-violet extrême sont les tubes de *Lyman*, sortes de tubes de Geissler, à paroi de quartz excessivement mince, contenant une atmosphère raréfiée d'argon, d'oxygène, d'oxyde de carbone, d'anhydride carbonique, d'hydrogène, que l'on rend lumineuse par les décharges d'une bobine de Ruhmkorff.

C'est en expérimentant sur des tubes semblables contenant de l'hydrogène que Lyman et Schumann découvrirent des rayons ultra-violets de longueurs d'onde 1.030 A. Mais ces expérimentateurs avaient eu à vaincre de grandes difficultés. *En effet, le prisme de quartz ne suffit plus à partir de la longueur d'onde* 1.800 *A.*

L'air, à son tour, absorbe complètement les radiations ultra-violettes vers 1.250 A., même sous une faible épaisseur. La plaque photographique elle-même n'est plus impressionnée, à cause de la gélatine qu'elle contient. Il faut prendre des plaques sans gélatine ou revenir à des écrans, mais en *willémite*, corps qui a la propriété de rester fluorescent sous l'action des rayons les plus extrêmes. Enfin, il faut placer le tout dans le vide, utiliser des prismes et des lentilles en *fluorine*, seul solide transparent jusqu'à 1.225 A. Si l'on veut aller plus loin encore, on ne peut plus employer le prisme. On se sert de réseaux qui décomposent la lumière « comme les fines plumes des ailes de papillons » (Nogier).

On utilise un réseau concave métallique qui fonctionne par réflexion ; on le place dans le vide, ainsi que la source de lumière et la plaque révélatrice. C'est en opérant dans ces conditions que la limite de l'ultra-violet put être reculée jusqu'à la radiation 1.030 A.

Il existe des radiations ultra-violettes plus courtes encore, mais elles ne peuvent être mises en évidence également que dans des conditions tout à fait spéciales.

Lenard et Ramsauer, en se servant comme source lumineuse d'une puissante étincelle électrique éclatant entre des tiges d'aluminium dans le vide[1], sont parvenus à déceler des rayons U. V. de longueur d'onde inférieure à 1.000 A.

1. Les enveloppes de quartz, même très minces, des lampes à Hg absorbent encore les radiations.

Dans quelles limites s'étend le spectre ultra-violet solaire? — Dans le spectre solaire, l'ultra-violet est pauvrement représenté[1]; il ne figure que par des ondulations dont la longueur d'onde s'étend jusqu'à 2.948 A. dans les plaines avoisinant Paris (Cornu), et jusqu'à 2.922 A. au sommet du Pic Ténériffe (Simony).

Le spectre solaire ne contient, comme on le voit, que des *traces* d'ultra-violet moyen, c'est-à-dire la différence entre $\lambda = 3.000$ A. et $\lambda = 2.922$ A. (conditions exceptionnelles). Cette pénurie est d'autant plus difficile à expliquer que la température solaire est voisine de 6.000 degrés et que l'arc électrique, ayant moins de 4.000 degrés, produit des quantités notables d'ultra-violet. Tout ceci s'explique, comme nous le verrons, grâce à l'absorption atmosphérique.

Propriétés physiques et chimiques des radiations ultra-violettes. — Bien que les rayons ultra-violets ordinaires, moyens et extrêmes, aient des actions communes, au point de vue physique et chimique, ce sont les ultra-violets moyens (3.000 A. à 2.225 A.) les plus actifs et les plus utilisés, mais ils n'existent qu'en très faible proportion dans le spectre solaire (3.000 A. — 2.922 A.). Quant aux rayons ultra-violets extrêmes, quoique possédant des propriétés très énergiques, ils sont très absorbables et n'agissent qu'en surface; on s'adresse exceptionnellement à eux. Ces deux ordres de radiations, U.V. moyen et extrême, par suite de leur pouvoir nécrotique considérable sur les tissus vivants, ont été appelés, par M. Dastre, rayons *abiotiques* par opposition aux U.V. solaires (4.000 A. à 3.000 A.), auxquels il donne le nom de rayons *biotiques*, en raison du rôle bienfaisant qu'ils exercent.

Pour donner une idée de l'ensemble des propriétés des radiations U.V., nous supposerons encore que les phénomènes observés sont obtenus par une source artificielle (lampe à vapeur de mercure); nous les classerons ensuite dans telle ou telle catégorie de la gamme U.V.

Propriétés physiques. — *Luminescence.* — Nous avons vu que c'est à l'aide de la fluorescence du platino-cyanure de baryum que l'on pouvait révéler des radiations invisibles au delà du

1. 1 p. 100 du rayonnement total.

violet. Les radiations ultra-violettes sont capables de provoquer la luminescence de nombreux corps :

Phosphorescence du sulfure de zinc, de calcium.

Fluorescence du sulfate de quinine, de l'esculine[1], de l'éosine, de la fluorescéine, du verre d'urane, des platino-cyanures. Cette propriété, que présentent certaines substances, de devenir lumineuses sous l'influence de rayonnements, tel que l'ultra-violet, les rayons X, les rayons cathodiques, etc., rentrent dans la catégorie des phénomènes décrits par Wiedmann sous le nom de *phénomènes luminescents*. Il est, croyons-nous, utile de les envisager d'un peu plus près pour dissiper les confusions.

Wiedmann divise en deux catégories la luminescence :

1° Les *phénomènes de fluorescence*, dans lesquels l'émission des rayons diffusés cesse en même temps que la lumière excitatrice (sulfate de quinine, platino-cyanure).

2° Les *phénomènes de phosphorescence*, dans lesquels la diffusion du corps luminescent survit à son excitation. Tels sont : le sulfure de strontium (durée : trente heures), le diamant (quelques heures), l'aragonite (quelques secondes).

Mais il n'y a pas de différence absolue entre ces deux groupes de phénomènes et il est facile de comprendre que l'énergie absorbée par la matière puisse être restituée lentement et non instantanément, la matière continuant à émettre de la lumière alors qu'elle a cessé d'absorber des vibrations excitatrices. On peut d'ailleurs modifier, accélérer ou ralentir l'émission de l'énergie lumineuse emmagasinée à l'état potentiel dans les corps luminescents. Lorsqu'on chauffe un de ces corps, la phosphorescence augmente d'éclat mais le phénomène disparaît beaucoup plus vite, c'est ce qu'on appelle la *thermo-luminescence* (Becquerel).

Si, au contraire, on refroidit considérablement par l'air liquide ces substances en état de phosphorescence, le phénomène diminue, puis disparaît complètement, mais il peut se régénérer lorsque le corps se réchauffe et tend à se mettre en équilibre avec la température ordinaire.

Une loi générale domine les phénomènes de radio-luminescence : les radiations luminescentes sont causées par des ondulations de plus courtes longueurs d'onde et c'est cette constata-

1. Corps extrait du marronnier d'Inde.

tion que Stokes a mise sous forme de loi : les *rayons luminescents sont moins réfrangibles* que *les rayons incidents* ou, en d'autres termes, les substances luminescentes ralentissent la fréquence vibratoire des radiations excitatrices. L'énergie lumineuse est, en quelque sorte, dégradée et nous assistons là à un cas particulier de la grande loi générale de l'énergétique, qui veut que toute transformation s'accompagne d'une perte de force. Cependant la loi de Stokes ne doit pas être prise à la lettre, la radiation luminescente n'étant pas, comme on pourrait le croire, fonction directe de la vibration incidente. En effet, quoique toujours d'une fréquence vibratoire moindre que la radiation excitatrice, les rayons luminescents sont spécifiques de la substance et constituent *un caractère atomique*.

Pour un corps fluorescent donné, nous aurons toujours le même spectre. Il est même curieux d'observer qu'étant donné un rayonnement incident provoquant la luminescence d'un corps, on puisse faire varier la nature, la qualité de ce rayonnement sans modifier pour cela la qualité des rayons luminescents émis. Des rayons U.V. de longueurs d'onde différentes sont capables, comme les rayons X, de déterminer la fluorescence du platino-cyanure de baryum avec le même spectre. S'il est vrai que les radiations de courtes longueurs d'ondes, comme l'U.V., les rayons X, les rayons du radium, soient les plus aptes à provoquer la luminescence, d'autres radiations plus lentes, rayons violets, bleus, etc., en présence de corps déterminés, pourront produire les mêmes phénomènes.

Quant au mécanisme intime de la luminescence, les travaux d'Urbain et Bruninghaus[1] ont apporté quelques éclaircissements à la question. Les substances luminescentes ne sont pas des substances chimiquement pures ; elles résultent du mélange ou, le plus souvent, de la solution solide d'un corps qu'ils ont appelé *phosphorogène*, dans un diluant. Presque toujours le phosphorogène se trouve en très petite quantité dans le diluant. Enfin, le phosphorogène seul et le diluant seul ne sont pas phosphorescents et, dans le mélange des deux, c'est le phosphorogène qui donne sa caractéristique au spectre de la luminescence produite. Ainsi le manganèse et le bismuth se trouvent dans un grand nombre de diluants.

1. *C. R. A. S.*, 1907, t. CXLIV, p. 30.

Propriétés électriques des rayons ultra-violets. — On connaît, depuis Hertz[1], l'action remarquable des radiations ultra-violettes sur l'étincelle électrique; cet auteur observa que si la distance explosive d'un excitateur était trop grande pour permettre l'éclatement spontané d'une étincelle, il suffisait de l'éclairer par la lumière de l'étincelle primaire, riche en rayons U. V., pour provoquer aussitôt l'explosion d'étincelles. Un écran, imperméable aux U. V. étant interposé, les décharges cessaient de se produire et il fallait rapprocher les boules de l'excitateur pour faire réapparaître le phénomène.

Par une autre méthode, Hallwachs, précisant les recherches de Wiedmann et Ebert, a montré, au moyen d'un électroscope à plateau, que la charge de l'appareil disparaissait très lentement dans l'obscurité ou même à la lumière, pourvu que le plateau soit chargé d'électricité positive. Mais chargé d'électricité négative, si on venait à l'éclairer, les feuilles d'or se rapprochaient aussitôt. Les rayons U. V. étaient seuls actifs. Hallwachs en déduisait que la lumière ultra-violette, rencontrant un corps électrisé négativement, déchargeait ce corps et qu'elle était sans influence sur les corps électrisés positivement[2].

Comme autre propriété électrique, l'ultra-violet présente encore le pouvoir de diminuer la résistance du sélénium.

Propriétés chimiques des rayons ultra-violets. — Les propriétés chimiques des radiations violettes sont connues depuis longtemps.

En 1777, Scheele avait reconnu que les rayons rouges du spectre solaire agissaient très lentement sur le chlorure d'argent, tandis que les rayons bleus ou violets agissaient plus rapidement.

1. *Wied. Ann. d. Phys.*, Berlin, 1887-1888. Voir aussi Bloch : *Le Radium*, mai 1910.

2. Les phénomènes que nous venons de décrire (décharge des corps électrisés négativement, phénomènes de Hertz) relèvent de la même cause, l'*émission de corpuscules cathodiques* (Lenard).

« Lorsque la lumière ultra-violette tombe sur un corps métallique, elle provoque une émission spontanée d'électrons. Dans l'expérience de Hertz, lorsque la distance des électrodes est un peu supérieure à la distance explosive, les électrons projetés sous l'action de l'ultra-violet amorcent, en quelque sorte, la décharge. Il est possible que cette émission d'électrons par la matière, sous l'influence de l'ultra-violet, joue un rôle important dans l'ionisation de l'atmosphère et dans sa conductibilité électrique » (Zimmern et Oudin : *Radiothérapie*, p. 398, Baillière).

En 1782, Sennebier trouvait que, pour produire un même effet sur le chlorure d'argent, il fallait quinze secondes avec la lumière violette, cinq minutes et demie dans la lumière jaune, vingt minutes dans la lumière rouge.

Enfin, en 1801, Ritter et Wollaston découvrirent que le noircissement des sels d'argent pouvait être obtenu au delà des limites du spectre visible dans une région qu'on appela *spectre chimique ou ultra-violet.*

Quelque temps après, Gay-Lussac et Thenard montrèrent aussi que le chlore et l'hydrogène se combinent lentement à la lumière diffuse et d'une manière explosive sous l'action des sources riches en rayons photo-chimiques.

Signalons encore, parmi les réactions communes liées à la partie chimique du spectre : la transformation du phosphore blanc en phosphore rouge, la décomposition des sels d'or.

Ces rayons U. V. sont capables également de déterminer des changements de coloration. Sous leur influence, la *santonine* jaunit très rapidement, la *cryogénine* en cristaux secs passe au violet, le *ferro-cyanure de potassium*, imbibant une feuille de papier buvard, passe au jaune foncé.

Mentionnons enfin la possibilité de pulvériser à l'état colloïdal les métaux soumis aux rayons U. V. (Lenard et Wolf, 1889). Jusqu'à ces dernières années, les propriétés chimiques des rayons ultra-violets étaient mal connues et on était loin de soupçonner le vaste champ qui devait s'ouvrir devant eux, à la suite des travaux de MM. Courmont, Nogier, Rochaix, Bordier et surtout de M. et M^me^ V. Henri, Bierry, D. Berthelot et H. Gaudechon. Ces deux derniers savants ont, en peu d'années, poussé très loin leurs recherches sur l'action qu'exercent les radiations du spectre ultra-violet sur les divers corps chimiques. Nous indiquerons ici quelques-unes de ces réactions intéressant directement le biologiste[1].

Une loi générale domine les actions photochimiques (loi de Grotthus, 1818) : ce sont les rayons, absorbés par une substance, qui produisent des actions chimiques sur cette substance. Cette loi a été vérifiée quantitativement par Lasareff, en 1906, pour les rayons visibles et par Wurmser et V. Henri, pour les rayons U. V. Il y a une proportionnalité entre l'intensité de l'action photo-

1. Pour renseignements plus complets, voir *C. R. A. S.*, à partir de 1909.

chimique produite sur un corps par des rayons de longueur d'onde déterminée et l'absorption de ces rayons par ce corps. Les rayons à courte longueur d'onde (U.V.)[1] auraient donc d'autant plus d'action sur une substance qu'elle est moins perméable à ces radiations.

Ainsi, les rayons U.V. agiront peu sur l'azote et l'hydrogène, qui les absorbent en petite quantité. Par contre, l'action sera manifeste sur l'oxygène, qui absorbe les radiations inférieures à 2.000 A.

D. Berthelot et H. Gaudechon, irradiant un tube en quartz de $0^{mm},6$ d'épaisseur contenant de l'oxygène pur et desséché à une pression de 75 centimètres, sont parvenus, après une exposition prolongée (une heure à une heure et demie), à produire de l'ozone, mais inversement l'ozone pouvait être décomposé par les rayons de la région 2.600 A., où se trouve sa bande d'absorption. « Suivant la composition du rayonnement total, on aura un ensemble qui donnera de l'O^3 ou le détruira ; il pourra s'établir ainsi un équilibre correspondant à une quantité d'O^3 plus ou moins forte » (Buisson et Fabry).

Nous verrons plus loin l'importance de ce phénomène et le rôle régulateur joué par ce corps sur le rayonnement solaire.

Le mélange d'azote et d'oxygène paraît gêner la formation d'ozone. A la suite des expériences de Bordier et Nogier sur l'air, de van Aubel et de leurs propres recherches, D. Berthelot et H. Gaudechon sont arrivés à la conclusion que l'oxygène se polymérise plus facilement *pur*, bien qu'en faibles proportions, qu'en présence de l'azote et que le rôle retardant, joué par ce corps, semble être fonction directe de la proportion qu'en renferme le mélange.

Sur l'eau (H^2O), les rayons U.V. ont une action certaine. Les travaux de Courmont, Nogier, Rochaix, Kernbaum, van Aubel, M. Lombard l'établissent : la formation d'eau oxygénée dans l'eau irradiée par la lampe de quartz ne fait aucun doute, à condition que l'action des radiations U.V. soit prolongée longtemps. La quantité de H^2O^2 est toujours petite; le phénomène est reversible.

La décomposition de la vapeur d'eau en H^2 et O s'effectue aisément sous l'influence de ces rayons.

1. Certaines substances absorbent des radiations de λ donnée et peuvent laisser passer des radiations d'une λ inférieure.

La synthèse de l'eau ($H^2 + O$) est également possible par une action prolongée des radiations U. V.

Action sur l'anhydride carbonique (CO^2) : CO^2, soumis à l'action des rayons U. V., montre une faible décomposition en oxyde de carbone (CO) et oxygène (O)[1].

Synthèse des composés ternaires. — Mais si, comme l'ont montré[2] D. Berthelot et H. Gaudechon, par des expériences décisives dont la portée biologique est considérable, on soumet aux radiations un mélange d'eau et d'acide carbonique, le premier effet est une double décomposition : l'acide carbonique se dédouble en oxyde de carbone et oxygène, la vapeur d'eau se dédouble en hydrogène et oxygène.

L'oxyde de carbone tend à se saturer; il se combine, sous l'influence de la lumière U. V., à l'hydrogène, qui, comme lui, se trouve à l'état naissant. De cette *synthèse* résulte le plus simple des hydrates de carbone : l'*aldéhyde formique*[3], qui, en se condensant et se polymérisant, peut donner les *sucres végétaux*.

« On voit avec quelle simplicité le sucre, qui est le type des aliments énergétiques, se poursuit aux dépens de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau de l'air. La lumière ultra-violette nous permet donc de réaliser, en dehors de la matière vivante, *in vitro*, les mêmes synthèses que les plantes et, théoriquement, on pourrait concevoir la suppression des champs de blé, des cultures de céréales ou de légumineuses, etc., et leur remplacement par de vastes usines ou des lampes à mercure rempliraient les fonctions des plantes et fabriqueraient nos aliments aux dépens des gaz de l'air » (D. Berthelot)[4].

La série des réactions précédentes, décompositions et synthèses, seraient donc identiques aux réactions biologiques qui se passent dans les végétaux à fonction chlorophyllienne.

Marcelin Berthelot[5] en avait déjà indiqué le mécanisme : « Par le fait de la respiration végétale (chlorophyllienne), disait-il, l'eau passe à l'état d'hydrogène et l'acide carbonique à l'état

1. Inversement, par un mélange d'oxygène et d'oxyde de carbone, on obtient la synthèse de l'acide carbonique.
2. *C. R. A. S.*, 20 juin 1910.
3. Lorsque l'action de l'U. V. se poursuit sur la formaldéhyde, ce corps se décompose en oxyde de carbone et hydrogène ; c'est la réaction inverse de la réaction synthétique. Quand l'action est plus poussée et accompagnée d'échauffement, il se produit, en plus, de l'anhydride carbonique et du méthane.
4. *Rapport au Congrès de Thalassothérapie de Cannes*, 1914, p. 17.
5. *Leçons sur les méthodes gén. de Synthèses*, 1864, p. 180 et 181.

d'oxyde; ces deux corps, ainsi réduits, agissent l'un sur l'autre à l'*état naissant* et engendrent les composés naturels. »

D'après cela, l'oxyde de carbone serait, dans la nature vivante, la source du carbone des matières organiques.

Pour compléter l'analogie des processus chlorophylliens et des processus photochimiques, signalons que M. J.-B. Schryver a pu, à l'aide d'un procédé sensible, trouver de la formaldéhyde dans la plupart des échantillons de plantes vertes qu'il a examinées.

Synthèse quaternaire. — Poussant plus loin encore leurs investigations, D. Berthelot et H. Gaudechon sont parvenus à une synthèse quaternaire (carbone, oxygène, hydrogène, azote), en partant également de deux gaz minéraux très répandus dans la nature, l'acide carbonique et le gaz ammoniac. Le mélange de ces deux gaz, sous l'influence des rayons U. V., donne naissance au plus simple des composés quaternaires : « L'*amide formique*[1], qui représente le point de départ des substances albuminoïdes et protéiques, *bases de la matière vivante*. Tout comme l'aldéhyde formique représente le point de départ des sucres, des polysaccharides, des amidons et des celluloses.

« Ces synthèses des grandes classes de matières organiques ont lieu, on le remarquera, dans les conditions d'extrême simplicité; il suffit de mettre en présence les gaz minéraux les plus communs : vapeur d'eau, acide carbonique, gaz ammoniac, et de les irradier par la lumière U. V.; il n'est besoin ni de réactifs étrangers, ni de haute température, ni de courants électriques.

« Nous nous rapprochons ainsi plus qu'on ne l'avait fait jusqu'ici des procédés employés dans le grand laboratoire de la nature. Là non plus, on ne voit ni cornues, ni fourneaux, ni piles électriques. Pour former les corps, merveilleusement variés de ses tissus, la plante s'épanouit au grand air sous le rayonnement du soleil » (D. Berthelot)[2].

Action photolytique. — A côté de ces propriétés de décomposition et de synthèse, les rayons U. V. se comportent vis-à-vis des substances organiques comme de véritables diastases.

Bierry et V. Henri ont obtenu l'hydrolyse du saccharose[3], qui

1. Liquide huileux et épais qui, dissous dans l'eau alcalinisée avec de la potasse, dégage des vapeurs d'ammoniaque et donne un formiate.

2. *Loc. cit.*, p. 18.

3. Sur le fructose ils ont obtenu une dégradation profonde, avec formation d'oxyde de carbone et d'aldéhyde formique.

est dédoublé en glucose et en lévulose ; il est donc *inverti* quand il est soumis aux rayons U.V.

Sous l'influence des U. V. l'amidon perd peu à peu la propriété de bleuir l'iode, mais la solution réduit la liqueur de Fehling, le sucre se serait transformé en maltose (Massol)[1].

Certains corps gras sont saponifiés comme par les lipases.

Propriétés de chaque division du spectre ultra-violet.

Ultra-violet ordinaire (4.000 A. a 3.000 A.).

Propriétés physiques.
- Fluorescence du sulfate de quinine, de l'esculine, du platino-cyanure de baryum.
- Phosphorescence des sulfures de zinc de calcium.
- Décharges des corps électrisés (effets Hertz-Hallwachs).

Propriétés chimiques.
- Décomposition des sels d'argent, d'or, de platine.
- Combinaison du chlore avec l'hydrogène.
- Décoloration des couleurs végétales.

Propriétés biologiques.
- Fonction chlorophyllienne.
- Action bactéricide faible.
- Pigmentation cutanée.

→ Ultra-violet biotique.

Ultra-violet moyen (3.000 A. a. 2.225 A.).

Propriétés physiques.
- Les mêmes, mais plus actives que l'ultra-violet ordinaire.

Propriétés chimiques.
- *Très intenses* : Décompositions de CO^2 en CO et O.
  — de H^2O en H^2 et O.
- Polymérisation de O, en O^3.
  — de H^2O en H^2O^2.
- Action comparable à la fonction chlorophyllienne.
- *Synthèse ternaire* : Aldéhyde formique (base des sucres).
  — *quaternaire* : Amide formique (base de la matière albuminoïde).
- Décomposition comparable à celle des ferments : sur les *composés organiques*, sur les *graisses*, *hydrolyse de l'amidon*, des *saccharoses*, *coagulation de l'albumine*.

Propriétés biologiques.
- Action bactéricide intense.
- Pouvoir nécrotique considérable sur les cellules animales et végétales.

→ U.V. abiotique.

Ultra-violet extrême (2.225 A. a 1.000 A.).

Propriétés physiques, chimiques et biologiques.
- Action plus énergique encore que le précédent, mais toute superficielle par suite du faible pouvoir de pénétration. Inutilisable en pratique. Absorbé par le quartz et même par l'air.

1. Les alcools, les aldéhydes sont décomposés.

La nitrification des composés organiques, qui ne se produisait que sous l'influence de ferments spéciaux, peut être obtenue par les ultra-violets jusqu'au stade nitreux.

Les gélatines, sous forme de gelées, sont liquéfiées et détruites.

L'albumine est coagulée.

Ces derniers phénomènes sont produits par des radiations inférieures à λ 3.000 A., l'interposition d'une lame de verre les empêchant de se produire[1].

Mécanisme intime de l'action chimique des radiations ultra-violettes[2]. — Si l'absorption d'une vibration est une condition nécessaire pour qu'il y ait action chimique, elle n'est pas suffisante, l'énergie radiante pouvant être transformée, par exemple, en énergie calorifique. C'est ainsi que les radiations infra-rouges sont absorbées par beaucoup de milieux sur lesquels elles ne produisent pas d'action chimique.

Les rayons de grande fréquence vibratoire, comme les rayons bleus, violets et surtout ultra-violets, représentent une forme d'énergie moins dégradée que les rayons de grande longueur d'onde (infra-rouge), d'où des réactions chimiques nombreuses que des rayons à vibrations plus lentes, fussent-ils des centaines de fois plus considérables, sont incapables de réaliser.

La valeur utilisable d'une radiation ne dépend donc pas seulement de sa *quantité*, mais aussi de sa *qualité*, celle-ci étant représentée par sa fréquence vibratoire.

S'il s'agit d'énergie thermique pour la caractériser, il faudra ajouter au facteur quantité, le niveau énergétique ou potentiel, c'est-à-dire sa *température*.

En effet, une calorie à 1.000 degrés représente exactement la même quantité énergétique qu'une calorie à 100 degrés, mais le travail qu'elle peut accomplir est tout différent.

D'après le principe de Carnot, règle fondamentale de la science de l'énergie, nous savons que le rendement d'une machine parfaite, fonctionnant entre les températures absolues T et t, est d'autant meilleur que la température de la source chaude est plus élevée et est égale à

$$\frac{T - t}{T}.$$

1. A. Tian : *C. R. A. S.*, 18 juillet 1910.

2. Voir D. Berthelot : *Revue gén. des Sciences*, avril 1911 ; *Revue scient.*, 1912, t. I, p. 353-357 ; *Rapport au Congrès de Cannes*, 1914.

Or, D. Berthelot a constaté que l'énergie radiante, dans ses effets chimiques, doit être considérée de même que l'énergie thermique, comme une énergie de *qualité inférieure* et d'autant plus dégradée que sa fréquence est plus basse.

« C'est la fréquence qui joue ici le rôle de niveau énergétique ou potentiel.

« Le rendement maximum d'un processus radiant, correspondant à une chute d'énergie de la fréquence F à la fréquence *f* est égal à

$$\frac{F - f}{F}.$$

« Le rendement supérieur des hautes températures, prévu par le *principe de Carnot*, se traduit en chimie par la production de systèmes endothermiques ou explosifs, qui sont de véritables réservoirs d'énergie.

« C'est ce que montre le tableau suivant de l'état comparé des divers systèmes chimiques à basse et à haute température :

TEMPÉRATURE ORDINAIRE	HAUTE TEMPÉRATURE
Eau liquide (H^2O) : corps inerte .	Gaz tonnant ($H^2 + O$), le plus puissant explosif connu sous un poids donné.
Acide carbonique gazeux (CO^2) : gaz inerte	Mélange tonnant carbonique ($CO + O$).
Oxygène : gaz non explosif . . .	Ozone : corps explosif.

« Toutes ces réactions de haute température s'obtiennent à froid, quand on irradie les corps au moyen de vibrations très rapides.

« Les rayons U. V. décomposent l'eau en gaz tonnant, l'acide carbonique en mélange tonnant carbonique, polymérisent l'oxygène en ozone. En un mot, ils élèvent le potentiel des systèmes chimiques. On s'explique ainsi que le rôle de la lumière dans le mécanisme de restauration d'énergie, soit beaucoup plus considérable dans la nature que dans nos laboratoires. En principe, ces réactions sont des réactions de haute température; mais, comme les êtres vivants ne pourraient supporter ces températures, chez eux, ce n'est plus la chaleur, c'est la lumière qui réalise ces réactions. C'est, en particulier, ce qui a lieu pour le plus important des mécanismes de la restauration d'énergie chimique dans le monde : celui de la synthèse chloro-

phyllienne des plantes vertes à la lumière » (D. Berthelot)[1].

L'activité chimique des rayons U. V. est particulièrement marquée pour les rayons compris entre 0μ,30 et 0μ,15, c'est-à-dire pour ceux qui vibrent au taux de 1 quatrillion à 2 quatrillions par seconde.

D. Berthelot attribue l'efficacité chimique de ces radiations au synchronisme de leurs vibrations avec les vibrations matérielles; il lui paraît vraisemblable que les *vibrations des groupements matériels* atomiques sont du même ordre de grandeur *que cette catégorie de radiations.*

« On sait, en effet, que les mouvements vibratoires peuvent s'amplifier jusqu'à rupture d'équilibre *quand ils sont excités par une source périodique dont la période est égale à celle du système vibrant ou en est un multiple.*

« Alors se produit le phénomène de la résonance, qui peut amener, en mécanique, la rupture des tiges élastiques et des ponts suspendus, et en électricité la rupture par surtension des canalisations où circulent des courants alternatifs.

« Il semble qu'on se trouve ici en présence d'un cas analogue de résonance photochimique entre l'éther et la matière, par lequel les vibrations éthérées amplifieraient, jusqu'à rupture des liens chimiques, les vibrations des systèmes atomiques matériels. » (D. Berthelot)[2].

TRANSPARENCE VARIABLE DES CORPS POUR LES RADIATIONS (ABSORPTION[3])

Nous sommes rapidement renseignés par notre œil sur la transparence d'une substance aux rayons lumineux : une feuille

1. *Loc. cit.*, p. 15.
2. *Revue gén. des Sciences*, avril 1911.
3. S'il n'est pas de corps tout à fait opaques, il n'en est pas de complètement transparents.

Le corps transparent, quand on opère en lumière blanche, exerce une véritable sélection sur les rayons qui le pénètrent, retenant les uns, laissant passer les autres. Mais si l'on ne considère que la lumière monochromatique, l'expérience montre que la lumière décroît d'une façon géométrique, quand l'épaisseur traversée croît d'une façon arithmétique, ce que l'on peut exprimer de la façon suivante :

$$I = Io\alpha$$

I, désigne l'intensité restante; Io, l'intensité initiale; a, le coefficient de transmission de la substance donnée. Ainsi la décroissance de la lumière augmente

d'aluminium, de carton sont opaques, elles arrêtent les rayons lumineux.

Une feuille de papier, une lame de porcelaine laissent partiellement passer la lumière ; ce sont des corps translucides.

Le verre, le mica, le celluloïd, le quartz, l'eau claire, se laissent traverser facilement et constituent des substances transparentes.

Mais notre œil ne nous a pas renseigné sur la proportion de lumière transmise ni sur l'existence de radiations auxquelles il n'est pas sensible (infra-rouge et ultra-violet).

Si on intercale, par exemple, comme le dit Nogier, entre le soleil et l'œil, une lame de verre de 5 à 6 millimètres d'épaisseur, on constate que l'éclat lumineux reste le même avant et après cette interposition ; en outre, cette lame de verre ne donne pas d'ombre sur un papier. Il en est de même en intercalant la lame de verre entre notre œil et une lampe de quartz à vapeur de mercure. Mais, si on prend une image photographique, on constate que les sels d'argent sont réduits à peu près également avec et sans interposition de verre pour le soleil ; qu'au contraire, sous l'écran de verre, les sels d'argent sont à peine réduits pour la lampe de quartz.

L'étude précise de la transparence des diverses substances aux rayons infra-rouges, lumineux et ultra-violets, ne peut être faite qu'à l'aide du *spectrographe*[1] à équipage optique en quartz ou en fluorine, ou, suivant certains cas particuliers, qu'avec les spectrographes à réseaux.

On intercale sur le trajet des rayons lumineux la substance à étudier et on voit quelle est la partie du spectre supprimée ou affaiblie par cette interposition ; on obtient ainsi des renseignements tant au point de vue qualitatif que quantitatif.

A l'aide de cette méthode, dite analytique[2], Th. Nogier,

rapidement pour peu que la valeur de a, soit considérable, mais en tendant vers zéro ; elle ne devient jamais nulle.

Un corps transparent pour la lumière est diaphane.

Une substance qui se laisse traverser par la chaleur est dite diathermane.

Les substances diathermanes sont dites athermochroïques ou thermochroïques, suivant qu'elles sont ou non colorées par la chaleur, c'est-à-dire suivant qu'elles sélectionnent ou non les radiations calorifiques.

1. La méthode spectroscopique utilise les variations spectrales d'une solution de fluorescéine, un spectrogramme pris au préalable sert de points de repère.

2. Méthode analytique (Courmont, Nogier, Rochaix, V. Henri).

La méthode synthétique de Bordier permet d'étudier la transparence des

employant un spectrographe construit par lui, est parvenu à caractériser de nombreuses substances et à démontrer que la *qualité* des rayons U.V. transmis est caractéristique des divers liquides et permet de les identifier. Il y a un lien qui unit la constitution chimique à la transparence.

Transparence des divers corps. — Gaz. — *Air* : L'air, sous de grandes épaisseurs (atmosphère), est transparent jusqu'à la longueur d'onde 2.922 A.

Sous de faibles épaisseurs (comme celles d'un laboratoire), l'air est transparent pour toutes les radiations de longueurs d'onde supérieures à 2.000 A. Au-dessous de cette longueur d'onde se produit une absorption rapidement croissante pour les très petites longueurs d'onde.

Une couche de 9 millimètres d'air arrête toutes les radiations au-dessous de 1.710 A.

Sous 1 millimètre, les radiations inférieures à 1.650 A. sont arrêtées. Aussi, pratiquement, c'est à partir de 1.850 A. que l'expérimentateur est obligé de recourir au vide[1] (comme nous l'avons vu) pour continuer les expériences de spectrographie.

L'*oxygène* absorbe tout l'ultra-violet entre les longueurs d'onde 1.750 A. et 1.270 A. à la pression atmosphérique et sous 9 millimètres d'épaisseur.

L'*azote* exerce une absorption croissante, à mesure que la longueur d'onde diminue.

L'*ozone* présente une opacité très grande aux rayons U.V. ; cette absorption se manifeste vers 3.100 A. et présente un maximum aux environs de 2.600 A., comme l'ont montré les belles recherches de Fabry et Buisson[2].

Il suffit de traces d'ozone dans l'air pour réduire sensiblement l'intensité des radiations ultra-violettes : un simple tube, de 10 centimètres de long, rempli d'oxygène *ozonisé* par l'effluve, absorbe l'ultra-violet au-dessous de $0^{\mu},31$.

Meyer a également constaté que l'air contenant 1 milligramme

liquides : l'appareil utilisé est une cuve de quartz, divisée en 3 cellules. Sur la face d'incidence de la cuve, une *demi-argenture* (procédé Foucault) permet d'éliminer les rayons infra-rouges et lumineux, mais laisse passer l'ultra-violet. Les 3 cellules de la cuve, dans lesquelles on met les liquides à étudier, correspondent à un papier révélateur.

1. Ou à l'atmosphère d'hydrogène.
2. *Rev. gén. des Sciences*, avril 1911.

d'ozone par litre, sous une épaisseur de 10 centimètres, réduisait au quart, l'intensité de la radiation 2.600 A. Par contre, *l'hydrogène*, *l'argon*, *l'hélium* sont transparents sous de faibles épaisseurs : sous 1 centimètre, ces gaz laissent passer les rayons ultra-violets extrêmes.

Liquides. — L'*eau* est, parmi les liquides, l'un des plus transparents aux rayons U. V.; il est cependant de moins en moins transparent à mesure que la longueur d'onde diminue : 30 centimètres d'eau claire n'arrêtent pas les rayons bactéricides d'une lampe en quartz à vapeur de mercure (Courmont et Nogier). Sous 1 centimètre, l'eau limpide est transparente jusqu'à 2.000 A. Mais une épaisseur de 1/2 millimètre arrête l'ultra-violet au-dessous de 0μ,18.

La transparence est notablement diminuée si le moindre trouble existe. 1 centimètre d'épaisseur d'eau de la Méditerranée limite les radiations ultra-violettes à la longueur d'onde 2.140 A. Cette absorption est liée en partie à la présence de sels. En effet, plus les solutions salines sont concentrées, plus l'imperméabilité aux rayons ultra-violets est grande. Si l'eau contient des colloïdes, elle absorbe tous les rayons ultra-violets à partir de 3.000 A.; une pareille eau ne peut être stérilisée qu'en couches extrêmement minces (bouillons, sérums).

La *glycérine*, sous 10 millimètres, est transparente jusqu'à 2.440 A.; sous 1/10 de millimètre, sa transparence va au delà de 2.024 A.; aussi, cette substance sert à unir prismes et lentilles de quartz dans le spectrographe.

Graisses et huiles. — Les graisses sont très difficilement pénétrées par les rayons ultra-violets; le lait, par exemple, sous une épaisseur de 1/10 de millimètre, est opaque pour toutes les radiations plus courtes que 2.690 et atténue fortement toutes celles comprises entre 3.340 et 2.690. Les globules graisseux qu'il tient en suspension sont la cause principale de cette opacité.

Un dixième de millimètre d'épaisseur de *graisse* arrête l'ultra-violet à 2.240 A.

L'huile d'amande vraie limite le spectre U. V. à 2.750 A. Sous cette même épaisseur de 1/10 de millimètre, les huiles essentielles sont beaucoup plus opaques que les huiles ordinaires. L'essence d'*amandes amères artificielle* absorbe toutes les radiations au delà de 3.900 A.

Cette remarquable imperméabilité tient au groupement benzénique et au groupement azoté qu'elle contient[1]. Les substances à l'état colloïdal, comme la gomme, l'albumine, la gélatine, absorbent d'autant plus l'ultra-violet que la quantité de matières colloïdales est grande.

Solides. — Le *verre*[2] est très opaque aux rayons ultra-violets; cette opacité est fonction directe de l'épaisseur : 1/10 de millimètre limite l'ultra-violet à la longueur d'onde 2.600 A. Une lame de 1 millimètre d'épaisseur arrête les rayons U. V. à partir de 2.850 A.

Pour $1^{mm},4$, il est limité à 2.950 A.

Pour une épaisseur de 6 millimètres, il n'est plus transparent que jusqu'à λ 3.020 A.

Des verres spéciaux, tels que l'*euphos*, sont encore plus opaques que le verre ordinaire : le n° 2 n'est transparent que jusqu'à λ 3.200 A.

Par contre, le verre *uviol* (de la maison Schott, d'Iéna) est beaucoup plus perméable que le verre ordinaire : une lame de 1 millimètre laisse passer jusqu'à 2.530 A. l'U. V.

Par ordre de perméabilité croissante, nous citerons les substances suivantes :

Le *spath*, qui laisse traverser jusqu'à λ 2.144 A. sous 1 millimètre;

Le *sel gemme*, transparent jusqu'à 1.750 A. pour 1 millimètre d'épaisseur;

La *topaze de Ceylan* qui, sous 1 millimètre, limite le spectre à λ 1.560 A;

Avec le quartz[3], nous allons jusqu'à 1.500 A;

Enfin, la *fluorine blanche* est la plus transparente des substances solides aux rayons U. V. Elle laisse passer, sous 1 millimètre, toutes les radiations jusqu'à 1.225 A.[4].

Parmi les corps solides d'origine organique, signalons la *corne*. — Une lame de 1 millimètre est très fortement opaque, au même degré qu'une lame de verre de 6 millimètres d'épaisseur.

1. Cette propriété des huiles essentielles permet de protéger la peau contre les rayons solaires.
2. Le verre à base de potasse et de soude est d'une opacité moins marquée que le verre à base de plomb.
3. Le quartz fondu serait moins transparent que le quartz naturel (Pflügger).
4. Le mica sous $0^{mm},2$ est perméable jusqu'à 3.200 A.

Par contre, la cellulose laminée arrête fort peu les radiations U.V. solaires[2].

Absorption sélective de divers écrans. — Certaines substances, bien qu'absorbant un groupe de radiations déterminé peuvent rester perméables à des vibrations de longueurs d'onde inférieures ou supérieures à celles qu'elles retiennent ; d'autres corps sont capables d'arrêter sélectivement telle ou telle ondulation dans un même faisceau chromatique.

Les *vapeurs de brome* sont opaques pour les rayons visibles sous une épaisseur notable, mais présentent une bande de transparence entre 3.700 et 2.500 (Wood). Elles peuvent être employées pour photographier la partie ultra-violette du spectre solaire ; cette substance n'est donc colorée que pour l'ultra-violet.

Le *chromate de potasse* a des propriétés analogues.

L'*argent métallique*, en couche très mince (étain des miroirs), est perméable entre 3.439 A. et 3.019 A. (Chardonnet).

Corrélativement à cette propriété, l'argent présente donc un pouvoir réflecteur très médiocre dans la région d'opacité minima : il ne dépasse pas 0,05 pour la radiation 3.160 (Buisson et Fabry), tandis que, pour les radiations visibles, le pouvoir réflecteur atteint 90 p. 100 ; cette propriété permet l'étude de cette portion de l'ultra-violet à l'exclusion des autres régions.

La *solution d'iode* dans le sulfure de carbone, en couche épaisse, arrête tout le spectre, sauf l'infra-rouge. On peut obtenir le même résultat avec le sel gemme et le verre épais enfumé.

L'*acétone* à 5 p. 100, comme l'a montré V. Henri[3], présente une absorption de courbes irrégulières dans l'U.V. et sans rapport proportionnel avec la longueur d'onde.

Solutions colorées. — La solution alcoolique de la couleur d'aniline dite *violet de Parme*, laisse passer les rayons violets et une partie de rayons bleus (Yung).

Le *bleu de Prusse* avec l'acide oxalique est transparent pour les radiations bleues et un peu pour les vertes.

La *liqueur de Schweitzer* (solution d'ammoniure de cuivre), la *solution de bleu de méthylène*[3] au millième, laissent passer les

1. Les vitres en cellulose pourraient être utilisées pour faire l'héliothérapie à l'abri de l'air extérieur (d'Oelsnitz et D. Berthelot : *Congrès de Cannes*, 1914).
2. *C. R. Soc. de Biol.*, 15 juin 1912.
3. Elle arrête également l'infra-rouge.

Infra - Rouge

Spectre invisible
révélé par la thermo-
pile et le bolomètre

Rouge 6530

Orangé .....

Jaune 5820

Vert .....

Bleu 4570

Indigo 4340

Violet 3935

Spectre visible
révélé par le Spectroscope

Ultra-violet Schumann

Ultra-violet moyen

Ultra-violet actif
(s'arrêtant au quartz)

Ultra-violet dans le vide
Rayons de Schumann

Rayons de Lyman

Rayons de Lenard et Ramsauer

Ultra-violet supérieur

Spectre invisible ultra-violet
révélé par la photographie et la Spectrographie

8000 7900 7800 7700 7600 7500 7400 7300 7200 7100 7000 6900 6800 6700 6600 6500 6400 6300 6200 6100 6000 5900 5800 5700 5600 5500 5400 5300 5200 5100 5000 4900 4800 4700 4600 4500 4400 4300 4200 4100 4000 3900 3800 3700 3600 3500 3400 3300 3200 3100 3000 2950 2900 2800 2700 2600 2500 2400 2300 2200 2100 2000 1900 1800 1700 1600 1500 1400 1300

Absorption du verre 1 m/m

Verre Uviol 1 m/m

Quartz fondu 1 m/m

Quartz cristallisé 1 m/m

Fluorine 1 m/m

2850

2530

2225

1225

Limite du Spectre U.V. à Paris (2948. A.)

rayons bleus un peu mélangés aux autres couleurs du spectre.

Le *mélange de bichromate de potasse et de sulfate de cuivre ammoniacal* laisse passer le vert en entier.

La *solution de bichromate de potasse* isole les radiations rouges, orangées et jaunes.

Verres de couleurs. — Les verres colorés ne sont pas tous rigoureusement monochromatiques et présentent fréquemment, dans la même couleur, une ou plusieurs bandes d'absorption; aussi, est-il nécessaire de connaître les verres qui donnent un faisceau homogène.

Le *verre vert au protoxyde de cuivre* (dit verre des photographes), présente une opacité complète aux rayons U.V; il est rigoureusement monochromatique.

Il en est de même des verres colorés au *bleu de cobalt*.

Le *verre rouge rubis*, employé aussi en photographie, est rigoureusement monochromatique et ne présente pas de bande d'absorption.

Les radiations ainsi arrêtées par les différents corps absorbants ne sont pas anéanties en pure perte, et le plus souvent l'énergie lumineuse est transformée en chaleur.

Cet effet est maximum avec les radiations de longueurs d'onde voisines du rouge.

Certains corps, tel que le noir de fumée, captent au passage toutes les ondes de l'infra-rouge à l'U. V. et les transforment en chaleur.

Par extension, on donne le nom de corps *idéalement noir* à tout corps capable d'absorber la totalité du rayonnement qui le frappe et susceptible de transformer intégralement l'énergie absorbée en chaleur.

Mais l'échauffement n'est pas la seule manifestation sous laquelle se manifeste l'énergie radiante absorbée par la matière; comme nous l'avons vu pour les radiations de courtes longueurs d'ondes U.V., l'énergie absorbée est employée à produire des dissociations ou des combinaisons moléculaires, des phénomènes chimiques, en un mot.

RAPPORT DES RADIATIONS ENTRE ELLES

Comme nous l'avons déjà indiqué, les propriétés calorifiques, lumineuses, chimiques des radiations ne répondent pas à trois sortes d'ondulations différentes. Ce sont les modalités d'une même vibration.

Dans la première partie du XIX^{e} siècle, la plupart des physiciens croyaient à la présence de ces trois sortes de radiations et quelques-uns essayèrent de préciser ces différences.

Ils pensaient que la lumière était due à des vibrations transversales de l'éther et la chaleur rayonnante à des vibrations longitudinales.

Aujourd'hui, il est démontré qu'une radiation donnée possède toujours à la fois des propriétés calorifiques et chimiques.

Il existe des plaques photographiques capables d'être impressionnées dans l'infra-rouge, et on peut, dans l'ultra-violet, mettre en évidence à l'aide d'appareils très sensibles (bolomètres), des élévations de température.

Dans le spectre lumineux, la radiation verte, par exemple, possède les trois qualités : lumineuse, chimique, calorifique. Notre œil la perçoit; la plaque photographique l'impressionne; elle agit sur le bolomètre.

La réfraction de cette radiation sur un second prisme ne peut la débarrasser d'aucune de ces trois propriétés.

Inversement, son passage à travers une substance absorbante, qui affaiblit le flux lumineux, réduit dans le même rapport les propriétés calorifiques et chimiques.

Il résulte de là que, dans un faisceau de rayons de longueurs d'onde déterminées, les propriétés chimiques, calorifiques, lumineuses[1] sont dans des rapports invariables; il est impossible de supprimer l'une sans éteindre en même temps les deux autres (Chassagny).

Antagonisme des radiations. — Certaines radiations ont une action antagoniste, capable de défaire ce que d'autres ont faites :

1. Celle-ci n'étant qu'une sensation lumineuse n'a pas de valeur en dehors de nous, certains sujets ne perçoivent pas toutes les couleurs (Daltoniens); certains êtres sont sensibles aux U.V.

ainsi, une feuille de papier imbibée d'une dissolution de résine de gaïac et bleuie par les rayons U. V. est décolorée par le rouge (Wollaston). Or, le bleuissement semble attribuable à un phénomène de réduction (D. Berthelot). Herschell avait également constaté, dans les phénomènes d'impression et de désimpression de l'iodure d'argent, des effets antagonistes des rayons rouges et violets.

Les rayons rouges dévoilent une plaque voilée par les rayons violets.

On observe avec les rayons X des phénomènes analogues.

C'est donc un phénomène général qu'une radiation de longueur d'onde donnée peut défaire ce qu'a fait une radiation de longueur d'onde différente (Guilleminot).

MOYENS DE MESURE DES RADIATIONS

Nos sens ne nous renseignent que sur deux propriétés des radiations solaires : la chaleur et la lumière.

Pour connaître les propriétés chimiques, nous sommes obligés de nous adresser aux détecteurs physiques ou chimiques.

Les indications fournies par nos sens ne nous fournissent que des indications relatives. Aussi, afin de contrôler d'une façon précise les effets biologiques des radiations solaires, la nécessité de créer des moyens de mesure s'est-elle faite rapidement sentir.

Le nombre d'appareils de mesure est considérable, c'est dire que la solution du problème est difficile et, malgré l'ingéniosité des inventeurs, il en est fort peu de pratiques pour les recherches courantes du biologiste et du médecin.

Il existe trois méthodes employées pour mesurer les radiations solaires : Les méthodes *calorimétrique*, *photométrique*, *actinométrique*. Ces mesures peuvent s'adresser à l'ensemble du rayonnement soit calorifique, soit lumineux, soit chimique, ou bien elles peuvent être étudiées, région par région, à l'aide d'une décomposition spectrale exécutée de deux manières, soit en employant des réseaux [1], soit à l'aide du spectroscope à prisme

1. Les réseaux, tracés sur le métal *speculum* et en particulier les réseaux concaves, permettent d'opérer par réflexion ; ils conviennent pour tout le spectre ce sont les seuls appareils qu'on puis e employer dans l'ultra-violet

de quartz ou de fluorine, appareil que l'on peut modifier soit en introduisant à l'intérieur une lame de verre d'urane fluorescente pour révéler l'U. V., soit en remplaçant l'oculaire par une chambre photographique dans laquelle on place une pellicule au gélatino-bromure d'argent, afin d'étudier les radiations par leurs effets chimiques.

Mesure de l'énergie calorifique des radiations solaires. — Lorsqu'on se propose de déterminer l'intensité thermique du rayonnement solaire suivant les longueurs d'onde, on produit comme nous venons de l'indiquer la formation d'un spectre, et on déplace successivement dans la bande spectrale des appareils thermoscopiques très sensibles.

L'instrument reçoit, par une fente très étroite, la radiation à étudier; il doit être capable de déceler des élévations de température de l'ordre de 1/100.000 de degré.

Les appareils utilisés sont basés généralement sur le principe du courant électrique développé lorsqu'on chauffe la soudure unissant deux métaux différents; d'où le nom de pile *thermo-électrique* donné à ces instruments.

On se sert soit du couple bismuth-antimoine (Melloni), soit de préférence du couple fer-constantan (Rubens)[1].

La radiation dirigée sur la soudure produit une force électromotrice constatable au galvanomètre. Plus sensible, mais plus délicat que les couples thermo-électriques sont les *bolomètres* imaginés par Langley.

La radiation est ici reçue sur un fil très mince et, par suite, de très faible masse; si la radiation a des propriétés calorifiques, le fil s'échauffe; sa résistance électrique se modifie, c'est cette modification de la résistance que l'on mesure.

Ces différents appareils mesurant l'énergie calorifique des radiations sont utilisables pour tout le spectre de l'U. V. à l'infra-rouge. Ils ont permis de reconnaître que 86 p. 100 de l'énergie solaire se trouve dans l'infra-rouge, 14 p. 100 dans la partie visible et *moins de* 1 *p.* 100 dans l'U.V. (D. Berthelot).

extrême. Le grand avantage qu'ils ont sur les prismes, c'est qu'ils donnent un spectre normal sans dispersion, à l'encontre des prismes qui donnent une dispersion variable avec la substance employée et croissant du rouge au violet. Mais les réseaux ont l'inconvénient d'absorber une grande quantité d'énergie lumineuse.

1. Alliage de zinc et d'antimoine.

Cette catégorie d'instruments sert surtout aux recherches scientifiques pures et ne peut être utilisée dans la pratique courante.

Aussi, pour les applications cliniques, a-t-on recours à d'autres appareils moins délicats, donnant le rayonnement calorifique global.

Pour J. Vallot[1], qui connaît particulièrement bien la question et l'a étudiée au point de vue des applications qui intéressent le médecin, on doit avoir recours de préférence, pour la détermination exacte du pouvoir calorifique de la lumière directe du soleil, à l'actinomètre de Michelson.

Actinomètre de Michelson[2]. — C'est un thermomètre à lame bimétallique, sur laquelle on fait tomber le rayon solaire. Les mouvements de la lame sont lus sur une échelle micrométrique contenue dans un microscope. De la comparaison faite entre les lectures avant et après l'exposition aux rayons calorifiques, on en déduit la chaleur du rayonnement. Les chiffres, obtenus pour être traduits en calories[3], doivent être multipliés par un coefficient fourni par le constructeur.

Pour l'étude de la *température à l'ombre*, on utilisera le *thermomètre* donnant le degré thermique de l'air ambiant. Tous les thermomètres ainsi exposés dans un même lieu, quelles que soient leur forme et leur matière, marquent la même température, qui est celle de l'air dans lequel ils sont plongés. Mais ces instruments fournissent des indications très erronées et sont inutilisables lorsqu'ils sont insolés car, suivant leur nature et leur couleur, ils absorbent ou réfléchissent les radiations.

J. Vallot a fait, à ce sujet, des expériences particulièrement frappantes. Suivant que l'on a affaire à un thermomètre à alcool qui ne s'échauffe presque pas (1 degré) ou à un thermomètre dont la cuvette est noircie, absorbant beaucoup, on obtient des indications qui sont véritablement déconcertantes, allant de 1 à 34 degrés de différence pour une même température à l'ombre de 16 degrés.

Enfin, avec des thermomètres construits de façon identique

1. J. Vallot : De l'actinométrie dans ses rapports avec l'héliothérapie. *Rapport au Congrès de Thalassothérapie de Cannes*, 1914.

2. Pour plus de détails, voir Vallot : *Loc. cit.*

3. Afin de connaître la quantité de chaleur reçue par minute. En héliothérapie cette détermination est particulièrement importante, car elle permet de connaître et de doser le remède que l'on emploie.

en apparence, on trouve des différences parfois notables au soleil alors qu'à l'ombre ils fournissaient la même température.

Pour connaître la température de l'air et la chaleur du soleil, Vallot a établi un appareil fort simple réalisant, comme il le dit, la synthèse de ces deux éléments, c'est l'*héliothermomètre*.

Héliothermomètre. — Cet instrument, construit pour la clinique, donne des résultats toujours comparables. Il est disposé de la façon suivante : le réservoir d'un thermomètre est placé au centre d'une sphère creuse de métal noir, mat extérieurement, d'un diamètre d'environ 8 à 12 centimètres. La nature et l'épaisseur du métal, la nature du colorant, l'espèce de thermomètre, sont indifférents et donnent les mêmes résultats.

Mesure photométrique de la lumière solaire. — Ces mesures sont faites à l'aide des photomètres, instruments permettant de comparer l'éclat du rayonnement solaire total à celui de sources connues. Si l'on veut analyser les variations spectrales suivant l'altitude, l'heure, la saison, l'état atmosphérique, etc., on aura recours aux spectrophotomètres, qui permettent de comparer l'intensité des divers faisceaux solaires du spectre à ceux d'une source artificielle étalonnée.

Mesure de l'action chimique des radiations solaires. — Ici encore on peut, comme nous l'avons vu, rechercher le pouvoir actif soit dans sa totalité, soit dans ses variations spectrales enregistrées au moyen du noircissement du papier photographique. Un spectrogramme, déterminé avec une source connue, permettant de comparer qualitativement et quantitativement la valeur chimique des rayons. Ces derniers appareils sont réservés aux laboratoires de physique et n'ont pas d'application pratique.

Les actinomètres sont infiniment nombreux ; nous n'en retiendrons que quelques-uns d'une application courante[1].

Draper (1843), Bunsen et Roscœ (1856), avaient construit des appareils basés sur la combinaison du chlore et de l'hydrogène en acide chlorhydrique, à la lumière.

Marchand mesurait le dégagement gazeux de CO^2 produit dans une dissolution aqueuse d'acide oxalique et de perchlorure de fer sous l'influence de la lumière.

1. Voir Nogier : La lumière et la vie. *Th. Lyon*, 1903; Vallot : *Loc. cit.*; Berthelot : *Loc. cit.*

Vallot utilise un appareil basé sur le même principe. Ces divers systèmes ne sont utilisables que dans le laboratoire. Pratiquement, on a recours le plus souvent à l'effet photographique du papier sensible.

Vallot a construit un actinomètre chimique enregistreur; il utilise une feuille de papier photographique qui est plus ou moins impressionnée, suivant l'intensité chimique des rayons aux divers moments de la journée. Les résultats ne peuvent être lus que le soir; aussi, pour connaître, à un moment déterminé du jour, le pouvoir chimique de la lumière, Vallot conseille le *châssis sensitométrique Marion*, composé d'un châssis positif de photographe à volet, dans lequel on met une feuille de papier photographique; on ouvre et on ferme toutes les secondes marquées par un métronome, d'abord le volet tout entier, puis successivement, on diminue chaque fois d'un centimètre. On constitue ainsi une échelle de teintes qui va de une à dix secondes par exemple, s'il y a dix divisions. On peut opérer de la même façon pour des durées plus longues ou, au contraire, pour fractions de secondes.

D'après Vallot, les appareils à échelons formés d'écrans translucides sont à rejeter, car on n'a pas une idée exacte de l'absorption à travers les divers écrans.

De même les appareils basés sur la durée que met un papier sensible pour atteindre une teinte étalon[1] sont également peu pratiques, car il est difficile d'apprécier une teinte parfois extrêmement fugitive, surtout lorsque la mesure est faite directement au soleil. Ces divers moyens de mesure présentent l'inconvénient d'utiliser des papiers photographiques dont on peut craindre l'inconstance de sensibilité ou l'altération avec le temps. Cependant, l'industrie photographique est parvenue à une grande perfection et beaucoup de fabricants inscrivent, sur les enveloppes du papier photographique, un numéro d'ordre indiquant leur sensibilité et leur durée sans altération.

Les indications fournies par les réactions chimiques sont en général assez imprécises, ne valent que pour une substance sans comparaison possible avec d'autres; autant on emploiera de réactifs, autant on aura de mesures différentes. Aussi, à côté des actinomètres chimiques, nous signalerons les *actinomètres élec-*

1. Dont le type est le pose-mètre de Wynne.

triques qui, en raison de l'extrême sensibilité des appareils de mesure des courants électriques, donnent des indications très précises, mais délicates à rechercher.

Actinomètres électriques. — E. Becquerel, en 1841, avait déjà donné le principe de ces appareils : deux lames d'argent sont recouvertes d'une couche de sous-chlorure d'*argent violet* et plongées dans l'eau acidulée. Si on éclaire une de ces lames, un courant prend naissance.

Rigollot a perfectionné ce type d'appareil, il a construit : 1° un actinomètre à cuivre oxydé, sensible aux radiations voisines de $0^{\mu},62$; 2° un actinomètre à lame d'étain sulfuré, sensible vers $0^{\mu},66$; 3° un actinomètre à lame de cuivre fluoré, sensible dans l'U. V.

D'autres instruments sont basés sur l'effet Hertz. Raymond, à Antibes, a utilisé un de ces appareils. Comme récepteur des radiations solaires, cet auteur utilise un amalgame de zinc placé dans une petite capsule de fer et disposé sur le plateau d'un électroscope ordinaire à feuilles métalliques, permettant ainsi d'observer l'effet photo-électrique de la radiation solaire.

Après avoir chargé négativement l'instrument, on note en secondes le temps nécessaire pour que, par l'effet de la déperdition, l'écart de la feuille varie d'une quantité toujours la même, de 20 à 10 degrés par exemple.

Rosselet[1] a également utilisé un appareil analogue. Signalons enfin les photomètres ou actinomètres, dont le récepteur des radiations est représenté par une *cellule de sélénium* intercalée dans un circuit d'une pile et dont la résistance varie sous l'influence de l'éclairement.

Total des heures de soleil. — Il est nécessaire, dans une station héliothérapique, de connaître le nombre quotidien d'heures de soleil. Campbell a construit un appareil fort simple pour l'indiquer : une boule de cristal, formant loupe, concentre les rayons lumineux sur une bande courbe de papier sur laquelle sont imprimées d'avance les heures.

En brûlant, le papier forme des points où une ligne chaque fois que le soleil brille ; il n'est pas besoin de mouvement d'horlogerie, le soleil le remplace en se déplaçant.

1. *Tuberculosis*, mai 1911.

VARIATIONS DANS LE RAPPORT DES DIVERSES RADIATIONS

Variations suivant l'altitude (Écrans atmosphériques). Rapport spectral. Lumière directe. Lumière diffusée. — Les recherches théoriques et expérimentales des astronomes nous apprennent que le rayonnement solaire se rapproche sensiblement de celui d'un radiateur parfait, dont la température serait de 6.000 degrés environ [1]. Or, nos sources artificielles de lumière, loin d'avoir cette température (3.000 degrés au maximum), fournissent un spectre lumineux de courtes longueurs d'onde, beaucoup plus étendu que celui de l'astre du jour, et cependant nous savons que plus on élève la température de la source lumineuse, plus celle-ci s'enrichit en ondulations rapides.

A quoi est due cette limitation spectrale et dans quelles proportions nous arrivent les radiations?

Nous avons vu précédemment le rôle absorbant considérable joué par certains gaz, absorption en rapport avec la petitesse des longueurs d'onde.

A 6.000 degrés, suivant Buisson et Fabry, le soleil rayonne 1/500 de son énergie en U. V. plus court que 2.000 A. et 1/28 en rayons U. V. de longueurs d'onde inférieures à 3.000 A.

Cependant, le rayonnement qui nous arrive est coupé brusquement au voisinage de 3.000 A. [1].

Voici comment s'explique le phénomène : Successivement, grâce à l'absorption de l'oxygène et de l'azote, le spectre est limité à 2.000 A.; puis, au delà, les radiations solaires sont amenées à une dose compatible avec la vie par suite de l'action très intense des U. V. sur l'oxygène qu'ils transforment en ozone, très opaque, même en quantité très faible, comme nous l'avons vu. « On a pu dire que la proportion d'ozone est déterminée dans l'atmosphère terrestre par la partie extrême du rayonnement

1. L'éclat du soleil au Zénith, vu à travers l'atmosphère, est égal à 160.000 bougies par centimètre carré. L'éclat du cratère positif de l'arc électrique à courant continu de 10 ampères est environ dix fois plus faible, soit 16.000 bougies par centimètre carré. Celui de la flamme d'acétylène est de 5,6; celui d'une flamme à pétrole à mèche ronde est de 3,3; celui de la pleine lune 0,4; du ciel bleu 0,3 à 0,4 par centimètre carré; celui du ciel nuageux 0,5 à 1,6, supérieur donc à celui du ciel bleu; celui du ciel couvert est égal à 0,5 ou 0,6; celui du ciel sombre 0,15 à 0,20. (D. Berthelot : *Loc. cit.*)

2. Simony : Pic Ténériffe, 3.700 mètres.

solaire et que cet ozone détermine, à son tour, la limite du rayonnement que nous pouvons recevoir » (Buisson et Fabry). G. Lebon avait remarqué, sans se l'expliquer, que l'U. V. disparaissait parfois brusquement du spectre solaire sans que le phénomène put se rattacher à une cause apparente. Nous tenons maintenant la clef de cette énigme.

La limitation du spectre ne se fait pas seulement du côté des petites longueurs d'onde, mais aussi du côté infra-rouge; on le voit s'arrêter aux environs de 20 μ. Cette limite est due à l'atmosphère terrestre, particulièrement au CO^2 et surtout, comme Humphreys l'a montré, à l'ozone qui absorbe également les radiations de l'extrême infra-rouge.

Cet ozone empêche ainsi la terre de perdre l'énergie qu'elle reçoit du soleil et qu'elle a tendance à rayonner dans l'espace sous forme de chaleur obscure. « L'ozone, formé par les rayons U. V. solaires extrêmes, capte ainsi les rayons infra-rouges et règle la température terrestre » (Nogier).

A ce premier facteur important, nous devons ajouter celui de la vapeur d'eau dont le pouvoir absorbant est très intense, même à l'état de traces (Tyndall).

Ces deux écrans s'opposent à l'échauffement excessif du sol, pendant le jour, en absorbant une partie des rayons obscurs du soleil, tout en laissant pénétrer les rayons visibles. Pendant la nuit, ils limitent le rayonnement calorifique absorbé [1]. Ils maintiennent ainsi notre atmosphère dans un équilibre qui permet le développement de la vie [2].

Sans ces filtres formés par l'atmosphère, la terre subirait les extrêmes thermiques observés dans la lune et qui passent de la température de l'eau bouillante, le jour, à celui de l'air liquide, la nuit. Suivant l'épaisseur de la couche d'air, le spectre, comme on le conçoit, sera plus ou moins limité. A l'altitude, par conséquent, il s'étendra plus qu'en plaine vers les radiations de courtes longueurs d'onde, mais, comme nous allons le voir, cette différence est assez restreinte et peu proportionnelle à l'altitude.

Les recherches de Cornu [3] ont montré que la limite *ultra-*

1. Les 9/10 des rayons émanés du sol sont ainsi retenus.
2. On sait combien les climats désertiques, dont l'air est dépourvu de vapeur d'eau, présentent des contrastes violents. Très chauds pendant le jour, ils sont très froids la nuit.
3. *C. R. A. S.*, 17 novembre 1879, t. LXXXIX.

violette du spectre solaire varie avec l'altitude, mais dans une faible proportion :

Au Riffelberg [1] : altitude, 2.570 mètres; le 25 juillet, la longueur d'onde observée était de 0μ,2932 à 1 h. 50.

Au Righi [2] : altitude, 1.630 mètres; le 1er août, l'extrême observée était de 0μ,2948 à 1 h. 44.

Viège [3] : altitude, 660 mètres; le 28 juillet, l'extrême observée était de 0μ,2954 à 1 h. 44.

Comme on le voit, l'accroissement de l'extension du spectre U.V. est de 1 millionième de millimètre (0μ,001 pour 900 mètres environ d'accroissement d'altitude). Ces expériences étaient faites dans les meilleurs conditions d'éclairement et de pureté atmosphérique, car d'autres recherches faites également par Cornu, à Paris, 50 mètres, et à Courtenay (Loiret), 170 mètres d'altitude, montrèrent par le calcul que l'accroissement était de 0μ,001 par 663 mètres.

D'autres auteurs, plus récemment, on fait des recherches spectrographiques de l'étendue de l'U.V.; ils n'ont pas tous retrouvé des nombres analogues à ceux de Cornu.

Au sommet du Mont-Rose, Lehmann a trouvé 0μ,2912, puis le même chiffre 0μ,2912 à Berlin.

Dans une ascension en ballon à 9.000 mètres, Flemming ne constate aucun accroissement du spectre.

Ces résultats, un peu contradictoires, nous montrent que la limitation du spectre du côté U.V. a peu de rapport avec l'altitude. Il est probable que c'est dans les couches très élevées au delà de 36 à 50 kilomètres que se forme l'ozone. Dans ces régions très élevées et inaccessibles, le spectre U.V. atteint rapidement sa limite et se trouve peu modifié dans la traversée des couches inférieures [4].

Si les radiations solaires sont peu modifiées, quant à leur étendue spectrale, lorsqu'elles ont pénétré dans les régions inférieures de l'atmosphère, leur intensité totale change en diminuant par absorption.

Pour les radiations calorifiques, les mesures de J. Vallot [5] ont

1. Dans le massif du Mont-Rose.
2. A moitié chemin entre le Righi Staffel et le Righi Kulm.
3. Au confluent de la vallée Zermatt et de la vallée du Rhône.
4. J. Dupaigne : *Rapport au Congrès de Cannes*, 1914.
5. *Loc. cit.*

montré que, par une belle journée d'été et un ciel pur, la chaleur reçue du soleil au milieu du jour est la suivante, en calories[1] :

Au Mont-Blanc : altitude, 4.800 mètres ; la chaleur est égale à 1 cal. 55.

A Chamonix : altitude, 1.100 mètres; la chaleur est égale à 1 cal. 30.

Au cours de journées exceptionnelles, la chaleur peut atteindre 0 cal. 20 de plus.

Il résulte de ces chiffres que la chaleur augmente également à mesure que l'on s'élève, l'augmentation étant environ de 0 cal. 25 pour 3.700 mètres. Cela fait une augmentation de 0 cal. 14 entre le niveau de la mer et une station qui serait située à 1.500 mètres d'altitude[2]. Cette augmentation, due à l'altitude, constitue seulement 1/12 de la chaleur reçue ; elle est par conséquent très faible.

L'actinométrie ayant démontré le peu d'influence de l'altitude sur les radiations thermiques, certains ont prétendu que les rayons solaires étaient inégalement absorbés par l'atmosphère et qu'ils subissaient une sélection à l'avantage des rayons calorifiques. Ceux-ci passeraient librement, tandis que les rayons chimiques seraient arrêtés, privant ainsi de leur action les pays de basse altitude.

J. Vallot[3] a fait simultanément la mesure des radiations calorifiques et des radiations chimiques du spectre au Mont-Blanc et dans la *vallée de Chamonix* et s'il y avait triage des rayons, la traversée de 3.300 mètres d'atmosphère devait déterminer une diminution plus grande des radiations chimiques que des radiations calorifiques. L'expérience montre qu'il n'en est rien : entre les deux qualités de radiations, *ondes longues* (calorifiques) *et ondes courtes* (chimiques), le rapport est le même; les deux groupes de radiations ont diminué de la même quantité. *Il n'y a donc aucune sélection et, du haut du Mont-Blanc jusqu'à la vallée* (1.080 mètres), *toutes les radiations constituent un faisceau homogène, sans que l'une soit plus affaiblie que l'autre.*

1. Calorie-gramme par centimètre carré et par minute.

2. La quantité théorique arrivant à la limite de l'atmosphère, quantité appelée constante solaire, serait aux environs de 2 calories à 2 cal. 75 par centimètre carré et par minute. Abbot trouve ces chiffres un peu élevés.

3. *C. R. A. S.*, 22 juillet 1912.

Les chiffres discordants, observés par différents expérimentateurs, proviennent de ce qu'ils n'ont pas toujours tenu assez compte de la présence des poussières et des fumées qui chargent souvent les régions basses de l'asmosphère, constituant, comme le dit Crova, « la vase atmosphérique » ; là où elle ne règne pas, l'épaisseur totale de l'air jusqu'au niveau de la mer absorbe fort peu. *La pureté du ciel a bien plus d'importance que l'altitude.*

Absorption du spectre. — Si le rapport entre diverses radiations du spectre solaire n'est pas modifié, les ondulations lumi-

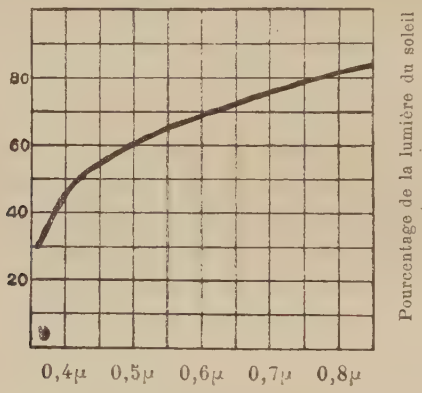


Fig. 1.

neuses subissent une absorption variable avec la longueur d'onde et, du rouge au violet, nous constatons que l'atmosphère laisse passer 80 p. 100 de la longueur d'onde 0μ,7 ; 70 p. 100 de la longueur d'onde 0μ,6 ; 60 p. 100 de la longueur d'onde 0μ,5 ; 48 p. 100 de la longueur d'onde 0μ,4. Toute radiation au-dessous de 0μ,3 est absorbée (fig. 1)[1].

Variation de la lumière solaire suivant l'heure. — Nous avons vu que les variations d'altitude modifiaient peu l'étendue du spectre. Il n'en est plus de même avec les changements de hauteur du soleil au-dessus de l'horizon ; dans ce cas, les variations sont très notables.

1. Nichols : *Revue scientifique*, 16 novembre 1913, p. 615.

Cornu a fait à Courtenay (Loiret) (latitude, 48 degrés 2′ 20″), des recherches spectrographiques[1] qui ont donné les résultats suivants pour les limites du spectre à diverses heures :

10 h. 30	Midi	14 heures	15 heures	16 heures	17 heures
—	—	—	—	—	—
0μ,2955	0μ,295	0μ,297	0μ,299	0μ,303	0μ,312

L'étendue du spectre diminue donc avec la hauteur du soleil, par suite de l'accroissement de l'absorption atmosphérique avec le chemin parcouru.

L'énergie de la radiation solaire varie également suivant la

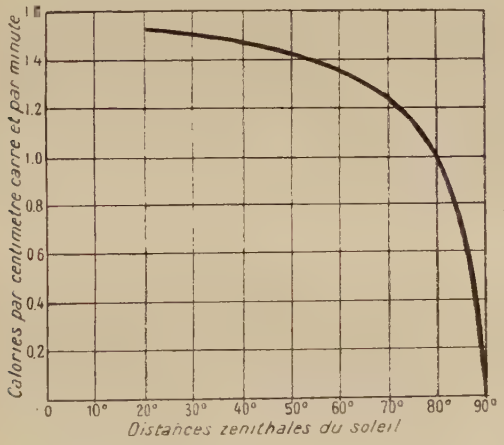


Fig. 2.

distance du soleil au-dessus de l'horizon, comme l'indique la courbe suivante (fig. 2), dressée d'après le nombre de calories reçues par centimètre carré et par minute pendant une après-midi[2].

Enfin, dans une même journée, l'intensité lumineuse croît jusqu'à un peu après-midi et décroît ensuite, mais la courbe n'est pas symétrique[3]. La lumière est plus forte à 14 heures qu'à 10 heures, à 16 heures qu'à 8 heures, etc. (fig. 3)[4].

C'est entre 10 et 14 heures que la lumière solaire est la plus

1. Plaque de collodion, exposition 2 minutes 1/2.
2. Berthelot : *Rapp. Congrès de Cannes*, p. 30.
3. Nichols : La lumière du jour. *Rev. scientifique*, 15 novembre 1913.
4. D. Berthelot : *Loc. cit.*

intense. Marchand, dans ses recherches, faites à l'aide de l'actinomètre à acide oxalique, arrive à des conclusions analogues.

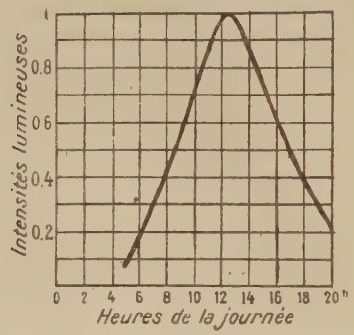


Fig. 3.

Les recherches spectrophotométriques de la lumière du jour montrent que les diverses radiations, tout en augmentant d'intensité pendant la matinée, ne présentent pas toutes en

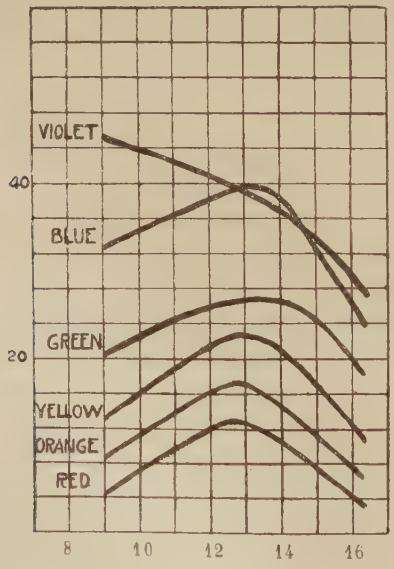


Fig. 4. — Variations de l'éclairement diurne en avril à Palerme.

même temps leur maximum lumineux et des observations faites dans des conditions apparentes analogues peuvent présenter d'assez grandes différences.

La figure 4[1] indique même, pour le violet, une courbe constamment décroissante à partir de 9 heures du matin[2].

Lumière solaire et lumière diffuse[3]. — La lumière solaire n'est pas modifiée seulement par l'absorption atmosphérique, mais aussi par la diffusion et la réflexion. Ce facteur *diffusion*, que nous allons d'abord étudier, joue un rôle important dans la lumière du jour; il présente un intérêt tout particulier au point de vue *héliothérapique*.

Dans la *lumière totale* qui nous parvient, il y a deux éléments distincts : la lumière du ciel ou lumière diffuse, la lumière solaire ou radiations solaires directes.

Si l'on compare une petite surface de la lumière du ciel à la lumière directe du soleil, cette région limitée représente une portion infime de la lumière totale. Mais si l'on établit le rapport entre la lumière totale diffusée par le ciel et la lumière solaire directe, on constate que la lumière du ciel est représentée par 15 à 20 p. 100 de la lumière totale, les radiations solaires étant d'environ 80 à 85 p. 100.

Dans cette évaluation, les rayons solaires et célestes sont supposés reçus à angle droit de la surface absorbante (soleil à environ 50 degrés du zénith). Ce pourcentage[4] dépend de la clarté du ciel; il augmente *avec la brume*, *pour la lumière du ciel*, et diminue, pour la lumière du soleil[5].

Si l'on suppose que le soleil et les rayons célestes brillent tous deux sur une surface horizontale, le rapport varie nécessairement beaucoup d'heure en heure.

Voici un tableau comparatif, établi par le *Pr Exner*, donnant les variations lumineuses du soleil et du ciel suivant la distance zénithale[6] :

1. Nichols : *Loc. cit.*, p. 618, fig. 54.
2. La quantité relative de bleu et de violet est plus considérable avant le lever du soleil que pendant la journée. Comme on le voit, l'éclat du ciel et sa couleur changent avec l'heure.
3. Abbot : *The Sun*. London et New-York, 1912, p. 299 à 317; Nichols : *Loc. cit.*
4. Mesures bolométriques de la « Smithsonian Institution ».
5. Si l'on pose en principe que le soleil brille sur une surface normale aux rayons et la lumière du ciel sur une surface horizontale, ce pourcentage devient 5,2 et 7,7.
6. Abbot : *Loc. cit.*, p. 301.

Lumière du ciel et lumière du soleil (Exner).

Z	WASHINGTON $p = 0{,}6$				MONT WILSON $p = 0{,}75$			
	H	S	S + H	$\frac{S}{H}$	H	S	S + H	$\frac{S}{H}$
80° . .	0,241	0,009	0,250	0,04	0,136	0,032	0,168	0,24
70° . .	0,245	0,077	0,322	0,31	0,138	0,147	0,285	1,06
60° . .	0,252	0,180	0,432	0,72	0,141	0,282	0,423	2,00
50° . .	0,259	0,289	0,548	1,12	0,146	0,408	0,554	2,79
40° . .	0,268	0,394	0,662	1,47	0,151	0,528	0,679	3,50
30° . .	0,276	0,484	0,760	1,75	0,155	0,625	0,780	4,03
20° . .	0,281	0,547	0,828	1,95	0,158	0,693	0,851	4,38
10° . .	0,285	0,582	0,867	2,04	0,160	0,731	0,891	4,57
0° . .	0,288	0,600	0,888	2,08	0,162	0,750	0,912	4,63

Z = distance zénithale du soleil.
H = l'intensité de la lumière du ciel.
S = l'intensité de la lumière du soleil.
p = coefficient de transmission de l'atmosphère : Washington = 0,6; Mont Wilson, 1.800 mètres = 0,75.

Nous voyons, par ces recherches, confirmées par Roscoe :

1° Que la quantité de lumière du soleil et du ciel diminue à mesure que l'astre descend sur l'horizon. Mais, tandis que pour la lumière du soleil elle est considérable :

0,600 pour 0°, à 0,009 pour 80°,

elle est très minime pour la lumonisité céleste :

0,288 pour 0°, à 0,241 pour 80° (Washington).

2° Nous constatons en outre que, si l'intensité lumineuse du soleil croît avec l'altitude, la luminosité céleste décroît et inversement.

Le rapport de ces deux intensités est donc en raison inverse de l'absorption atmosphérique.

Si l'on considère le rapport entre les diverses régions du spectre pour la lumière du ciel et pour la lumière du soleil, on voit d'après le tableau suivant[1] :

1. Abbot : *Loc. cit.*, p. 305.

Soleil et lumière du ciel : Éclat relatif pour différentes longueurs d'onde sur le Mont Wilson.

Longueurs d'onde.	0μ,422	0μ,457	0μ,491	0μ,556	0μ,614	0μ,660
Lumière du soleil : $z = 50°$. .	186	232	227	211	191	166
Lumière du ciel	1,194	986	701	395	231	174
Rapports.	6,92	4,25	3,09	1,87	1,21	1,05

Que les rayons rouges $\lambda = 0\mu,660$ du soleil et du ciel sont sensiblement égaux, quoique la lumière du ciel fournisse un peu plus de rayons rouges, mais la différence va en s'accentuant et dans les petites longueurs d'onde $0\mu,422$ (violet) la lumière du ciel est près de sept fois plus riche que la lumière du soleil.

Les rayons bleus, violets, ultra-violets, sont donc particulièrement abondants dans la luminosité céleste.

Cette portion du spectre, la plus active au point de vue chimique, l'emporte donc sur l'effet chimique direct du soleil. C'est ce qu'avait déjà observé Roscoe en 1866, près de Manchester (latitude 53 degrés), en opérant par la méthode du noircissement du papier photographique. Le soleil étant élevé de 25 degrés, cet auteur avait trouvé que l'intensité chimique solaire était égale au quart de celle de la lumière diffuse.

Valeur de la lumière diffuse suivant l'altitude. — L'éclat moyen d'une région du ciel à égale distance du soleil a été mesuré au mont Wilson (1.800 mètres) et en pleine mer (Flint Island), dans des conditions comparables de limpidité atmosphérique.

L'intensité de la lumière du ciel, reçue sur une surface horizontale, a été de 0,18 à l'altitude; elle a été de 0,67 en pleine mer. Comme on le voit, plus de trois fois supérieure.

« En accord avec ces mensurations, écrit Abbot [1], au niveau de la mer le ciel fournit, sur une surface horizontale, une quantité de radiations égale à 32 p. 100 de celle que fournit la lumière solaire directe. A une altitude de 1.800 mètres, le ciel fournit seulement une quantité de radiations égale à 7,2 p. 100 de celle que fournit la lumière solaire directe. »

1. *The Sun*, p. 307.

Les variations dans l'abondance de la lumière diffusée, augmentant avec l'épaisseur de l'atmosphère, parfois avec la brume, sont dues, d'après Lord Rayleigh et Schuster[1], à la réflexion ou éparpillement des rayons solaires par les molécules de l'air[2].

La présence de nuages n'est pas, comme on pourrait le croire, un élément capable de diminuer la diffusion de la lumière.

Bien au contraire, un ciel chargé de nuages blancs, cirrus ou cumulus, même en l'absence de soleil, est souvent bien plus lumineux qu'un ciel pur; la lumière qui en émane peut aller jusqu'à tripler. L'action chimique augmente autant, quelquefois plus, certains l'ayant vue quadrupler.

Le deuxième facteur, modificateur de la lumière solaire, est la *réflexion* : sur les champs de neige, sur la mer, une notable partie de la lumière n'est plus la lumière directe.

La lumière réfléchie par les feuillages est assez forte, parfois, pour qu'on y reconnaisse au spectroscope les bandes d'absorption de la chlorophylle.

V. Schrötter[3] a fait des recherches intéressantes sur la réflexion de la lumière par la mer, le sable, la neige, les nuages blancs :

Eliminant les radiations solaires directes, on peut étudier avec le papier photographique la lumière diffusée au-dessus d'un plan et la lumière réfléchie au-dessous de ce plan.

Le rapport $\frac{\text{Lumière supérieure}}{\text{Lumière inférieure}}$ varie suivant la nature du sol.

Sur un glacier, il est égal à $\frac{1}{0,55}$ par un temps un peu brumeux; il est égal à $\frac{1}{0,7}$ avec des nuages.

En ballon, au-dessus d'un nuage blanc, il devient $\frac{1}{0,8}$.

Sur un champ de neige, il *s'inverse, devient plus petit que l'unité et, sur la mer, plus petit encore.*

Par contre, sur le sable, il est égal à 5; sur un sable de couleur sombre, égal à 8 et va jusqu'à 29 sur la lave noirâtre.

1. *Astrophysical Journal*, t. XXXIV, p. 372, 1911.

2. Ce mécanisme permet d'expliquer les changements journaliers observés dans l'intensité plus ou moins grande des radiations du spectre de la lumière diffuse (J. Nichols : *Loc. cit.*).

3. Dupaigne : *Loc. cit.*

Comme on le voit, la mer réfléchit encore plus que la neige et renvoie avec élection les radiations à ondes courtes : bleues, violettes, ultra-violettes.

Variations de la lumière suivant la saison. — L'intensité moyenne de la lumière du jour, d'après Basquin (à Chicago) et Weber, est au milieu de l'hiver le dixième seulement de ce qu'elle est en juin.

Ce rapport entre l'hiver et l'été est sensiblement le même en Europe (fig. 5)[1].

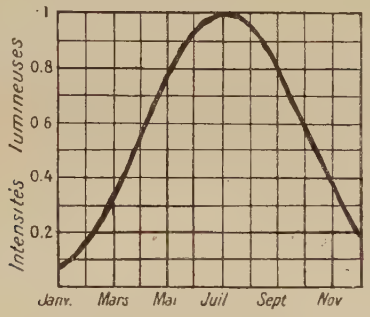


Fig. 5. — Variations de la lumière du jour avec la saison et sous la latitude de 54 degrés.

En montagne, l'insolation d'hiver est presque aussi intense que celle de l'été[2]. La chute des neiges ne fait qu'augmenter la puissance actinique de la lumière, que l'on voit passer de 18,25 (deuxième décade de novembre) à 23,11, le premier décembre[3].

Les brouillards disparaissent dès que la neige est tombée.

Dans la plaine de Lyon, l'intensité actinique va en diminuant de plus en plus, l'hiver coïncidant avec la période de brouillard.

Pour Rosselet[4], qui a fait des mesures photo-électriques des radiations ultra-violettes, l'intensité de ces radiations ne paraît être bien différente en plaine et en montagne qu'à mesure que l'on s'approche de la saison froide.

Pendant les mois de juin, juillet, août, aucune différence bien

1. D. Berthelot : *Loc. cit.*, p. 31.
2. L'épaisseur plus grande de l'atmosphère traversée, causée par l'abaissement du soleil, ne diminue la chaleur solaire que de quelques dixièmes de calorie (Vallot).
3. Nogier : *La lumière et la vie.*
4. *Loc. cit.*

notable ne peut être constatée [1]; par contre, en hiver, l'intensité à Lausanne (150 mètres) est diminuée de moitié et plus, comparativement à Leysin (1.300 mètres) à la même époque.

Nous donnons, *à titre d'indication*, les observations relevées à Leysin et à Lausanne par Rosselet et celles obtenues à Antibes par Raymond[2].

Ces deux auteurs ont utilisé l'effet Hertz, mais leurs appareils sont de construction différente et n'ont pas été comparés.

Temps les plus courts obtenus pour décharger l'électroscope, à midi.

	NOV.	DÉC.	JANV.	FÉVR.	MARS	AVRIL	JUILL.	AOUT
1° MESURES DE RAYMOND :								
Antibes.	8″,6	14″,2	22″,4	11″,6	7″,6	4″,6	2″,3	»
2° MESURES DE ROSSELET :								
Leysin.	15″	38″	65″	36″	»	»	»	6″
Lausanne.	42″	»	»	52″	»	16″	»	16″

Raymond insiste également sur la valeur de la transparence de l'air; il a constaté, en outre, que par des ciels de transparence très grande, fréquents sur le littoral méditerranéen, des décharges de l'électroscope beaucoup moins rapides que par un ciel nébuleux.

Durée relative de l'insolation dans diverses stations [3].

	POUR LES MOIS D'HIVER	POUR TOUTE L'ANNÉE.
Cannes.	57,2 p. 100	61 p. 100
Lugano.	54 —	55 —
Davos (1.560 mètres) . .	52,6 —	53,9 —
Lausanne.	36 —	44,9 —
Paris.	31,4 —	»

Température à l'ombre, du 1er novembre au 30 avril.

Cannes : maximum quotidien.	+ 15°64
Lausanne	+ 6°92
Paris	+ 9°08
Davos.	— 13°

1. Ceci confirme ce que nous avons vu sur le peu d'influence de l'épaisseur atmosphérique, quand le ciel est pur.

2. *C. R. A. S.*, 2 janvier 1912.

3. Pourcentage des heures d'insolation réelle, par rapport aux heures de présence du soleil, visible ou non au-dessus de l'horizon.

Moyenne en calories (lumière directe) dans diverses stations.

	CLARENS	DAVOS [1]	MONTPELLIER	CANNES
Décembre. . .	1,09	1,308	1,008	1,141
Février. . . .	1,24	1,408	1,086	1,217
Avril.	1,32	1,444	1,161	1,309

Variation de la lumière avec l'humidité. — Les relations entre l'humidité de l'air et de la lumière n'ont pas encore été étudiées avec précision. L'état hygrométrique de l'air est bien connu dans presque toutes les stations, au point de vue climatologique, mais il a été étudié seul.

Pendant le mois de décembre, le peu d'intensité de la radiation n'est pas dû uniquement au minimum de hauteur solaire, mais également à la quantité de vapeur d'eau incomplètement dissoute qui altère la limpidité de l'air sous forme de brouillard. Dans ces cas, le pouvoir calorifique des rayons est très faible, 0 cal. 30 ou 0 cal. 20; de même les radiations bleues-violettes et ultra-violettes diminuent fortement.

Sur le littoral méditerranéen, la composition de la lumière change peu et l'épaisseur de l'air ne modifie pas le rapport entre les diverses parties du spectre, parce que l'air est pur. L'humidité relative maintient l'équilibre thermique; aussi, il n'y a pas de grands écarts de température.

Le maximum des mesures actinométriques[2] est toujours en avril, à Cannes; un fléchissement se fait sentir en mai et juin, puis il y a relèvement en août et septembre. A Davos, le maximum est également en avril; le fléchissement en juillet.

Au printemps, l'air est encore froid, peu chargé de vapeur d'eau, la puissance actinométrique atteint son maximum. Les fléchissements sont dus, par contre, à ce que l'air de l'été est échauffé depuis déjà longtemps et se trouve chargé d'une quantité de vapeur d'eau beaucoup plus grande.

Variation de la lumière suivant la latitude. — La hauteur du soleil au-dessus de l'horizon, qui fait que l'été diffère de l'hiver, le nord du midi, est le principal facteur des climats, mais il n'est pas le seul : les conditions atmosphériques, géographiques

1. On voit ici l'influence de la radiation directe.
2. Lumière directe.

modifient les distributions climatériques au point de faire différer profondément les climats de deux points situés exactement à la même latitude.

Pour donner une idée des variations actiniques, suivant la latitude, nous donnons quelques nombres observés à Kew, en Angleterre et à Para, au Brésil.

Kew (latitude : 51°,28).

Hauteur du soleil. . . .	12°,9	21°,1	25°,3	42°,4
Intensité actinique ciel. .	65	72	104	135
Intensité actinique soleil.	14	30	56	107
Rapport.	0,21	0,42	0,54	0,79

Para (latitude sud : 1°,28).

Hauteur du soleil.	42°,3	62°,8	77°,3
Intensité actinique ciel	451	552	660
Intensité actinique soleil . . .	168	277	267
Rapport	0,37	0,50	0,47

Comme ces chiffres l'indiquent, nous voyons que l'effet chimique de l'ensemble du ciel l'emporte sur l'effet chimique de la lumière directe du soleil et d'autant plus qu'on se rapproche de l'équateur[1].

Le tableau de la page suivante, donné par Abbot[2], nous montre les variations considérables dans la température suivant les climats.

En résumé, si nous jetons un coup d'œil d'ensemble sur les notions acquises concernant l'insolation dans les différents climats, nous voyons que l'altitude a peu d'influence sur l'intensité des radiations solaires directes, lorsque l'air est pur, c'est-à-dire peu chargé de poussière, de fumée, de brouillard.

En plaine, l'héliothérapie pourra donc être pratiquée, à condition d'éviter les climats brumeux, les villes enfumées et poussiéreuses.

Pratiquement, la pureté atmosphérique idéale est réalisée plus souvent au bord de la mer et sur le sommet des montagnes; mais, à l'altitude, il est exceptionnel de rencontrer un horizon

1. Rapport Berthelot : *Loc. cit.*
2. Abbot, p. 313.

largement découvert; les montagnes environnantes, généralement plus élevées, limitent l'étendue du ciel; le nombre d'heures et de jours d'insolation est sensiblement moins élevé qu'à la mer : ainsi, à Davos, au mois de décembre, le nombre d'heures d'insolation est de 87, tandis que sur le littoral méditerranéen, il est de 155.

Variations de la température suivant les climats.

STATIONS	VERKHOYANSK	FORT CONGER	SAINT-LOUIS (U. S. A.)	DELGADA (Açores)	TOMBOUCTOU	PORT-AU-PRINCE	BOGOTA	JALUIT (Marshall Island)
LATITUDE N	67° 34′	81° 44′	38° 38′	37° 45′	16° 49′	18° 34′	4° 31′	5° 55′
ÉLÉVATION (mètres).	»	»	173	20	250	36	2.660	3
Janvier.	—51°0	—39°0	— 0°8	+14°1	+21°8	+24°1	+14°2	+27°1
Février.	—45°3	—40°1	+ 1°7	+13°9	+23°8	+24°6	+14°4	+27°2
Mars.	—32°5	—33°5	+ 6°2	+14°1	+28°1	+25°1	+14°8	+27°0
Avril.	—13°7	—25°3	+13°4	+15°4	+32°5	+25°9	+14°7	+26°9
Mai.	+ 2°0	—10°0	+18°8	+16°6	+35°0	+26°0	+14°8	+26°9
Juin	+12°3	+ 0°4	+24°0	+18°9	+34°2	+27°1	+14°5	+26°8
Juillet	+15°5	+ 2°8	+26°0	+21°3	+32°7	+27°6	+14°1	+26°8
Août	+10°1	+ 1°0	+24°9	+22°0	+31°1	+27°3	+13°9	+26°9
Septembre. . .	+ 2°5	— 9°0	+20°8	+20°9	+31°8	+26°7	+13°9	+26°9
Octobre	—15°0	—22°7	+14°2	+18°9	+31°0	+26°3	+14°4	+27°1
Novembre . . .	—37°8	—30°9	+ 6°4	+16°9	+26°8	+25°6	+14°7	+27°1
Décembre . . .	—47°0	—33°4	+ 2°0	+15°1	+21°4	+24°4	+14°5	+27°0
Différence dans l'année. . . .	66°5	42°9	26°8	8°1	13°6	3°5	0°9	0°4
Moyenne dans l'année. . . .	—16°7	—20°0	+13°1	+17°3	+29°2	+25°9	+14°4	+27°0

La moyenne annuelle des heures de soleil est de 1.786 à Davos; elle atteint 2.635 sur la Côte d'Azur.

Enfin, en dehors des radiations directes ainsi restreintes à la montagne, la lumière du ciel, venant d'une surface limitée, rayonne beaucoup moins. Or, nous avons vu l'importance de cette luminosité. Ici encore l'avantage est à la mer.

La lumière venue par réflexion présente une certaine valeur en montagne, au voisinage des neiges, mais, comme l'a montré

von Schrötter, elle n'atteint pas le pouvoir réfléchissant de la mer, l'une et l'autre surpassant d'ailleurs la lumière du ciel.

Si nous comparons maintenant les températures à la mer et à la montagne, nous voyons que, pour des radiations ayant un pouvoir calorifique analogue, la température à l'ombre, à la montagne, est extrêmement basse l'hiver, comparée à celle du littoral méditerranéen; la température moyenne étant de — 13 degrés à Davos, tandis qu'elle est de + 16 degrés à la Riviera. En effet, à l'altitude, l'air froid et très sec est trop diathermane, incapable d'absorber de la chaleur. Or, nous avons vu le rôle de la vapeur d'eau atsmosphérique dans le maintien de l'équilibre thermique, la présence des montagnes voisines multiplient les surfaces de refroidissement, favorise la condensation qu'exagère encore la présence des neiges.

A la mer, et plus particulièrement à la Côte d'Azur, l'air relativement humide empêche les déperditions calorifiques trop rapides. La mer échauffée constitue un réservoir thermique qui maintient l'équilibre et qui, tout en réfléchissant sélectivement la lumière, n'a pas l'inconvénient, comme la neige, de refroidir l'air.

CHAPITRE II

RADIATIONS DE RŒNTGEN

Généralités sur les rayons X. — Rayons cathodiques. — Production des rayons X. — Caractères. — Propagation. — Nature. — Rayons secondaires. — Transparence des corps pour les rayons X. — Phénomènes physiques qu'ils produisent : luminescence, ionisation. — Action chimique des rayons X. — Principe des moyens de mesures des rayons X. — Rapports des rayons X et des rayons ultra-violets.

Généralités sur les rayons X. — Depuis longtemps, on sait que le courant électrique est capable de traverser les gaz raréfiés. Déjà, au XVIII[e] siècle, *l'abbé Nollet* avait remarqué que, si l'on venait à diminuer, à l'aide d'une pompe pneumatique, la pression de l'air dans un œuf électrique, sorte de globe de verre traversé par deux électrodes, l'étincelle, qui éclatait normalement d'ordinaire, changeait de caractère dans ces conditions. Si nous faisons progressivement le vide dans un tube de verre dont les deux électrodes sont reliées à une source de haut potentiel, l'étincelle s'allonge et pâlit, prenant une teinte pourpre; la cathode (pôle négatif) s'entoure d'un manchon lumineux violacé. De l'anode (pôle positif) part une zone lumineuse, d'aspect strié, dont la couleur varie avec le gaz contenu dans le tube ; elle est verte quand le vide a été fait sur CO^2, rouge sur O, violacée sur l'air.

Les deux régions lumineuses sont séparées par un espace sombre : l'espace obscur de Faraday.

Ces phénomènes lumineux présentent leur maximum d'intensité avec une pression de 3 millimètres de Hg. Dans ces conditions, le tube prend le nom de tube de Geissler.

Si le degré du vide est poussé davantage, la gaine lumineuse cathodique, dit encore *lumière négative*, augmente, rendant apparent un espace obscur qui la sépare de la cathode : c'est *l'espace obscur de Hittorff*.

Quant à la bande lumineuse partie de l'anode, elle diminue de plus en plus et n'est finalement, représentée que par un point brillant; à cet état de vide (1 millimètre de Hg), le tube prend le nom de tube de Plücker. Si le degré du vide est encore augmenté (vide de Crookes) la lumière de l'anode disparaît, tandis que la lumière négative se rétrécit et prend le nom de faisceau cathodique, étudié par Hittorf en 1868. Ce faisceau se caractérise par ce fait que, partant normalement de la surface de la cathode, il suit une direction rectiligne, quelle que soit la position de l'anode.

Ces rayons cathodiques[1], qui étaient considérés par Crookes comme des molécules gazeuses entraînées par le courant électrique, pouvaient rentrer au contraire, d'après Hertz et Lénard, dans la théorie ondulatoire. Sur ces hypothèses contradictoires devait, avec la découverte des rayons X, s'édifier une théorie acceptée, aujourd'hui, par tous les savants et qui diffère de l'opinion de Crookes en ce qu'elle considère les rayons cathodiques comme des dissociations d'atomes, des *ions*, et non comme des molécules, ainsi que le croyait le savant anglais.

Lorsque le vide de l'ampoule est poussé suffisamment loin (millième de millimètre, ampoule de Crookes), toute lumière cathodique[2] disparaît. Mais, à l'opposé de la cathode, sur la paroi du verre, apparaît une belle fluorescence verte[3]; celle-ci provient du choc des particules négatives (électrons) qui, parties de la cathode, viennent en ligne droite frapper la paroi du verre. Ce dernier phénomène, sans être complètement interprété, était déjà connu en 1895, époque à laquelle le professeur Rœntgen (de Würtzbourg) observait, par hasard, que des cristaux de platinocyanure de baryum, placés dans le voisinage d'une ampoule de Crookes, devenaient phosphorescents dans l'obscurité. Ces cristaux se trouvaient hors de la direction des rayons cathodiques et, à supposer que la paroi du verre soit traversée par eux sans qu'ils y subissent l'absorption presque complète qu'on avait déjà observée, on pouvait difficilement les regarder comme excitateurs de cette fluorescence.

Des objets opaques tels que le carton, l'aluminium, la main

1. Wiedman, 1883.
2. Cette lumière est produite par la fluorescence du gaz restant.
3. Cette fluorescence varie avec la nature du verre; elle est verte pour une base alcaline et bleue pour le plomb.

même, placés entre l'ampoule et les sels de platino-cyanure de baryum, n'éteignaient pas leur luminescence; par contre, une lame de plomb la faisait immédiatement disparaître. Rœntgen en conclut qu'il partait des parois du tube un nouveau rayonnement, qu'il appela *rayons* X, cheminant en ligne droite et capable de traverser les corps opaques.

Propriétés des rayons cathodiques. — Le faisceau d'électrons, en venant frapper la paroi de l'ampoule, produit non seulement la fluorescence du verre, mais encore donne naissance aux rayons X. Il provoque l'échauffement des parois qu'il rencontre; si le tube de Crookes fonctionne longtemps, la paroi de verre rougit et peut fondre.

Les rayons cathodiques entraînent mécaniquement les corps mobiles qu'ils rencontrent (moulinet à ailettes de mica). Si on leur permet de pénétrer dans l'air au travers d'une mince lamelle d'aluminium (Lénard), on constate qu'ils déchargent tous les corps électrisés (*ionisation de l'air*) et qu'ils donnent une charge négative aux corps qui se trouvent sur leur passage. Ils sont capables de déterminer la fluorescence de certains corps (platino-cyanure de baryum) et de colorer le bromure de potassium en bleu, le chlorure de sodium en brun, et d'impressionner la plaque photographique.

Les rayons cathodiques sont déviés par le champ magnétique, et c'est à l'aide de cette propriété qu'on est parvenu à mesurer leur masse et leur vitesse : celle-ci pouvant varier de 10.000 à 100.000 kilomètres à la seconde, suivant le degré de raréfaction du tube. On a, d'autre part, calculé la masse de l'électron qui serait égale au 1/2.000 de celle de l'atone d'*hydrogène*.

Les rayons cathodiques frappant sur leur passage les molécules du gaz *raréfié*, les dissocient en ions négatifs (électrons) et ions positifs, ces derniers attirés par la cathode contribuent à former l'*afflux cathodique*.

Ces ions positifs, moins rapides que les électrons (ions négatifs), présentent une masse plus grande et sont déviés en sens inverse par un champ magnétique; ils sont capables d'exciter la fluorescence du verre si, comme le fit Goldstein, on les laisse franchir une cathode perforée[1].

1. Kanalstrahlen : Rayons canalisés.

Production des rayons X. — On produit aujourd'hui les rayons X de la façon suivante : un tube de verre sphérique présente deux électrodes : la *cathode*, disque concave en aluminium, et l'*anode*, souvent double, dont l'une des parties est munie d'un disque en platine incliné à 45 degrés, jouant non seulement le rôle d'électrode, mais d'obstacle matériel destiné à arrêter les électrons qui, partis de la cathode concave, tendent à converger vers ce miroir *anti-cathodique* ou *focus* (S. Thomson) ; ce n'est donc pas la paroi du verre, trop fusible, qui arrête le rayonnement cathodique mais une plaque de platine pouvant résister à de hautes températures sans fondre.

Les rayons X produits traversent la paroi du tube de verre et peuvent être utilisés à l'extérieur.

Un régime stable est difficilement obtenu dans les ampoules. Suivant le degré de raréfaction du gaz, le tube tend, soit à mollir, c'est-à-dire à émettre des rayons X peu pénétrants si la pression de gaz augmente, soit à durcir, c'est-à-dire à émettre des rayons X très pénétrants si la pression diminue.

Pour obtenir un régime fixe, on régularise la pression intérieure de l'ampoule à l'aide de l'*osmo-régulateur* de Villard, basé sur la porosité pour l'hydrogène des manchons en mousse de platine, lorsqu'on les chauffe avec la flamme du gaz ou celle de l'alcool.

Il existe d'autres appareils régulateurs de la pression intérieure : ils reposent tous sur l'introduction de gaz dans l'ampoule, soit dégagés par des corps chimiques (chaux, potasse) qui, échauffés par une étincelle dérivée, mettent en liberté du gaz, soit injectés directement dans l'ampoule (dispositif de Bauer). Toutes les ampoules à rayons X sont basées sur ces principes énoncés.

Certains obvient à l'échauffement de l'anticathode, soit en augmentant sa masse, soit en la refroidissant par l'eau ou par un courant d'air[1].

1. On a, récemment, mené grand bruit autour d'une nouvelle ampoule inventée par l'ingénieur américain M. W. D. Coolidge (*a*) qui, si elle tient ses promesses, fera faire de grands progrès à la radiologie.

Pour obvier à l'inconstance du rayonnement due aux variations dans le

(*a*) W. D. Coolidge : New-York, *The Amer. Journal of Rœntgenology*, vol. I, f. 3, janvier 1914, p. 115 à 124. — Lewis, Gregory, Cole (Cornelle), *The Amer. Journal of Rœntgenology*, vol. I, p. 3, janvier 1914. — W. D. Coolidge : *Physical Rewiew.*, N. S., vol. II, p. 6; *Archiv. électr. méd.*, décembre 1913.

On excite ces tubes à vide par des sources électriques de haut potentiel : machine statique; bobine d'induction dont on arrête l'onde de fermeture par des dispositifs particuliers; transformateurs à courants alternatifs, dont on arrête l'une des ondes ou dont on redresse l'onde inverse.

Caractères des rayons X. — Les électrons, en frappant les parois de l'anticathode, donnent naissance à des *perturbations de l'éther*; l'énergie cinétique qu'ils détenaient est brusquement libérée ; elle se transforme partiellement en chaleur et en ondulations de propriétés particulières, les *rayons X*. Ces ondulations[1] sont considérées, pour la plupart, comme des vibrations[2] *analogues à celles de la lumière*, mais d'une fréquence très grande et auxquelles la discontinuité donne des caractères spéciaux :

Les oscillations de l'éther, qui créent la lumière, ont pour point de départ, comme nous l'avons vu, l'oscillation d'électrons[3]. Tout changement de vitesse de ces électrons sera l'origine d'une ondulation nouvelle.

« Or, qu'arriverait-il, comme le suppose M. Guilleminot[4], si l'on arrêtait brusquement par une surface rigide un électron lancé

degré de vide de l'ampoule, Coolidge utilise un tube dans lequel règne un vide aussi parfait que possible (inf. au centième de micron).

Les électrons ne sont plus fournis par l'ionisation des gaz, on les obtient en utilisant l'émission cathodique des corps incandescents.

La cathode, formée d'un filament de tungstène, enroulée en spirale, peut être échauffée par un courant électrique indépendant et réglable. Tant que la spirale n'est pas chauffée aucun courant ne peut passer entre les électrodes, même sous 100.000 volts de tension.

Dès que celle-ci rougit, le courant passe.

L'échauffement du filament cathodique et l'intensité du courant entre les électrodes étant indépendants, on peut obtenir à volonté : un rayonnement *homogène*, *dur ou mou*, plus ou moins abondant suivant l'intensité du courant traversant l'ampoule et l'abondance des électrons (en fonction de la température, 1.900 à 2.540 degrés) fournis par la spire de tungstène.

Ce tube permet de se passer de soupape tant que l'anticathode n'est pas rouge, mais dès ce moment elle émet à son tour des électrons.

Une particularité curieuse de ce tube est qu'il ne présente aucune fluorescence du verre ; rien ne signale son activité en dehors de l'incandescence de la spire de tungstène. Cette anomalie s'explique par la présence d'une charge négative sur la paroi du verre, qui empêche de nouveaux électrons de venir la frapper, l'absence d'ions *positifs* ne produisant pas de déplacement d'ions négatifs.

1. Zimmern et Oudin : *Loc. cit.*, p. 6.
2. 300.000 kilomètres à la seconde.
3. Voir note page 10.
4. *Les nouveaux horizons de la science.* Steinheil, vol. II, p. 291.

avec une vitesse considérable? Il y aurait certainement *la perturbation la plus brusque que l'on puisse imaginer* ; il y aurait, le long des lignes de force, une oscillation peut-être unique, ou quelques ondes vite amorties dont la courbe serait plus aiguë que toutes celles que nous connaissons et dont la durée serait très courte.

« Cette oscillation serait assimilable à une ondulation de longueur d'onde excessivement petite ou de fréquence excessivement grande et réduite à une seule ou quelques éléments de sa courbe. »

A l'aide des tubes à vide, nous sommes capables de lancer des électrons à des vitesses très grandes[1] et de les arrêter brusquement sur le miroir d'une anticathode.

Ce blocage de l'électron engendre une ondulation de l'éther qui est extrêmement courte et rapide, c'est *la radiation X*.

Nous avons parlé, tout à l'heure, des rayons X mous, peu pénétrants et de rayons X durs, très pénétrants; à quoi tient cette différence de qualité?

A la différence de vitesse des électrons; en effet, suivant la résistance du tube (son vide interne) au passage du courant, la différence de potentiel entre les électrodes variera. Plus cette différence sera élevée, plus les projectiles cathodiques iront vite, et plus les rayons X produits seront de longueur d'onde courte et de pouvoir pénétrant grand.

Enfin, les projectiles cathodiques venant frapper l'anticathode ne sont pas tous aussi rapides, d'où un faisceau de rayons X complexe, non homogène, polychromatique, présentant des coefficients de pénétration variés.

Propagation des rayons X. — Comme toute ondulation de l'éther, les rayons X se transmettent en ligne droite ainsi que les rayons lumineux; leur intensité à une distance donnée est en raison inverse du carré de la distance.

Lorsqu'ils rencontrent une surface matérielle, dans les conditions habituelles, on constate qu'elle ne les réfléchit pas.

Aucun corps matériel ne peut ni les réfracter[2] ni les polariser.

1. 100.000 kilomètres à la seconde.

2. Helmholtz a établi que l'indice de réfraction croît d'abord à mesure que diminue la longueur d'onde et décroît ensuite. (Sagnac : *Traité de Radiologie* de Bouchard).

Ils diffèrent donc totalement des rayons lumineux, sauf pour une propriété, la diffusion.

L'absence de réflexion[1] peut, dans une certaine mesure, être expliquée; en effet, on sait que les ondes hertziennes de grande longueur d'onde venant frapper un miroir, même rugueux, peuvent être réfléchies ; les radiations lumineuses d'ondes plus courtes demandent, au contraire, une surface parfaitement polie ; enfin, pour les rayons X, on suppose qu'il n'y aurait pas de surface polie ; la matière serait toujours rugueuse.

En outre de cette interprétation, le caractère discontinu de l'émission des rayons X, formés de pulsations amorties, indépendantes et isolées[2] (Stokes), contribue à interpréter cette absence de réflexion[3].

1. Guilleminot : *Loc. cit.*

2. Une onde lumineuse, c'est l'oscillation d'un électron qui se perpétue. Une ondulation de Rœntgen, c'est l'oscillation d'un électron qui s'amortit, d'où le caractère pulsatil des rayons X.

3. *Nature des rayons X.* — La nature vibratoire des rayons X n'était, jusqu'à ces derniers temps, qu'une hypothèse, mais les recherches récentes, faites en Angleterre, sur la diffraction et l'interférence de ces rayons, par Laue, Friedrich et Knipping, celles faites en France par de Broglie sur la réflexion de ces radiations, permettent de considérer les rayons X comme des ondulations de l'éther, analogues à la lumière (*a*).

Friedrich et Knipping ont obtenu, à l'aide de corps à structure cristalline : sel gemme, blende de zinc, exposés plusieurs heures aux rayons X, une épreuve photographique ayant l'aspect suivant :

Au centre, une tache noire due à l'action directe des rayons X et, à la phériphérie, un certain nombre d'autres taches d'intensité différente, distribuées d'une manière régulière, correspondant aux symétries de structure du cristal. Il y a là un résultat analogue à celui qu'on obtient avec la lumière sur les réseaux (*b*).

Cette expérience s'explique si l'on admet la nature vibratoire des rayons X.

De plus, on connaît approximativement les distances intermoléculaires comprises dans le réseau cristallin; l'expérience décrite permettra alors une évaluation de la longueur d'onde et on trouvera que, pour les rayons X, elle est en moyenne 1.000 fois plus petite que pour les rayons visibles. Les rayons X seraient, en somme, des rayons *ultra-ultra-violets*.

Laue et Bragg, puis de Broglie ont montré qu'il était possible de faire réfléchir les rayons de Rœntgen sur une surface cristalline.

Ce dernier auteur a obtenu, par la réflexion sur un cristal de sel gemme tournant de façon à faire varier régulièrement l'incidence, un véritable spectre de raies ayant tout à fait l'aspect des photographies des spectres lumineux. Il a pu, en outre, suivant les anticathodes utilisées (tungstène, platine, cuivre, etc.), mettre en évidence des raies caractéristiques du métal. Ceci amène à modifier la conception pulsatoire des rayons X et à introduire parmi les ébranlements isolés de l'éther résultant de l'arrêt brusque de l'électron, un rayonnement périodique issu du métal de l'anticathode (Guilleminot et Zimmern).

(*a*) Pour les détails, voir l'article très complet de Guilleminot et Zimmern : *Journal de radiol. et électrol.*, n° 1, janvier 1914. — *Revue scient.*, 25 avril 1914. — De Broglie : *C. R. A. S.*, 17 novembre, 22 décembre 1913 et 19 janvier 1914.

(*b*) On attribue depuis longtemps aux corps cristallisés une structure réticulaire. Chaque sommet du réseau étant constitué par une molécule.

Rayons secondaires. — Lorsque les rayons X viennent frapper la matière, une partie du rayonnement est absorbé par celle-ci, une autre traverse, une troisième donne naissance à un rayonnement particulier, d'une part, à une émission corpusculaire chargée d'électricité négative (électrons), d'autre part, à des radiations analogues aux rayons incidents (rayons secondaires de Sagnac).

La plupart des corps frappés par les rayons X, les métaux, les tissus organiques, l'air même, émettent des rayons secondaires qui sont d'autant plus pénétrants que le faisceau d'origine a lui-même un plus grand pouvoir de pénétration.

Le poids atomique des corps influe beaucoup sur l'émission des rayons secondaires; ceux qui proviennent des métaux légers (aluminium), sont très pénétrants, mais peu intenses; ceux qui émergent des métaux lourds (plomb, platine), sont très peu pénétrants, une mince couche d'air suffit à les arrêter; en revanche, ils sont très abondants.

Ce rayonnement secondaire paraît avoir une origine assez complexe.

Curie et Sagnac avaient démontré la présence, dans le faisceau secondaire, de corpuscules électriques, chargés négativement. Quant au rayonnement proprement dit, il était considéré comme le résultat d'une transmission des rayons primaires par le corps irradié.

Depuis les travaux de Barkla et Sadler, on sait que les rayons secondaires se composent de deux radiations différentes :

1° *Une radiation propre au corps irradié*[1], émise par lui avec des caractères déterminés, ayant un pouvoir de pénétration d'autant plus grand que la substance a un pouvoir atomique plus élevé.

Cette radiation[2] est analogue aux rayons γ du radium; elle paraît liée à l'émission d'électrons.

2° *Une radiation dépendant de la nature du faisceau incident.* — La première a été appelée radiation *homogène*; à la seconde, Barkla et Sadler ont donné le nom de *rayons dispersés*.

1. Zimmern et Guilleminot : *Loc. cit.*

2. Ce rayonnement a été appelé fluorescent parce qu'il obéit à la loi de Stokes : En effet, il ne peut être produit que par un rayonnement primaire de pouvoir de pénétration supérieur (de fréquence plus grande). Voir plus haut propriétés fluorescentes des rayons U.V.

Guilleminot[1], à la suite de ses recherches, considère ces derniers comme des rayons *diffusés*, car, en observant le rayonnement secondaire des métaux légers tel que l'aluminium[2], on constate qu'il est de même qualité que le faisceau incident primaire; que son intensité est fonction des doses absorbées par les épaisseurs traversées; enfin, qu'il obéit aux mêmes lois.

Ces résultats démontrent que le rayonnement secondaire n'est un rayonnement nouveau que par une partie seulement, celle qui est liée au départ des corpuscules négatifs.

Transparence des corps pour les rayons X. — La transparence des corps vis-à-vis des rayons X a été particulièrement bien établie par le physicien Benoist, qui a formulé les lois suivantes :

1° L'opacité spécifique d'un corps est indépendante de l'état physique de ce corps. Autrement dit, pour un corps donné, l'opacité n'est fonction que de la masse et non de l'état solide, liquide ou gazeux.

2° L'opacité spécifique est indépendante de tous modes de groupement moléculaire ou atomique (formes cristallines, concentration moléculaire, etc.).

3° Elle est indépendante de l'état de liberté ou de combinaison des atomes, et l'équivalent de transparence d'un mélange ou d'une combinaison peut se calculer au moyen des équivalents de transparence des éléments constitutifs.

4° L'opacité spécifique des corps simples est une fonction déterminée de leur poids atomique pour chaque espèce de rayons X; plus le poids atomique est élevé, plus le corps est opaque aux rayons X.

Cette dernière loi montre que les corps à poids atomiques faibles (lithium, carbone, magnésium, et les tissus organiques constitués par les éléments C, H, O, Az), sont très transparents, tandis que les corps à poids atomiques lourds, calcium (constituant les os), fer et surtout mercure, plomb, bismuth, sont très opaques[3].

En outre de ces transparences variables, certains corps possèdent la propriété de sélectionner les radiations en les absor-

1. Guilleminot : Diffusion des rayons *X*. *C. R. A. S.*, 10 mars et 24 avril 1911; Soc. de Radiol., 1911.
2. Emettant par conséquent peu de particules cathodiques.
3. Guilleminot : *Rayons X et radiations diverses*, O. Doin, Paris.

bant; cette propriété a été appelée par Benoist : le radiochroïsme de la matière.

Ces corps permettent d'arrêter les rayons mous (de grande longueur d'onde), tout en laissant pénétrer tous les rayons durs (de courte longueur d'onde).

Ces corps radiochroïques sont comparables à des verres de couleurs, de composition déterminée, qui ne laissent passer qu'une catégorie de radiations.

L'aluminium est un corps radiochroïque.

Par contre, d'autres substances telles que *l'argent*, l'étain, l'antimoine, le cadmium, la paraffine, retiennent, en proportions égales, toutes les radiations de petites et grandes longueurs d'ondes, sans faire un choix parmi celles-ci. Ces corps sont dits *aradiochroïques*; ils affaiblissent seulement l'intensité globale du faisceau incident, comme pourrait le faire une plaque très épaisse de verre vis-à-vis des rayons lumineux.

Phénomènes physiques produits par les rayons X. — *Luminescence.* — Comme les rayons U.V., les rayons X déterminent des phénomènes de luminescence; la fluorescence du platinocyanure de baryum et potassium, du tungstate de calcium, du phosphure et du sulfure de zinc.

Ces phénomènes obéissent aux lois de Stokes, dont nous avons déjà parlé pour les rayons U.V. Nous n'en dirons donc rien ici.

Rappelons seulement que ces processus se manifestent d'autant plus facilement que la radiation excitatrice est de longueur d'onde plus courte; rien d'étonnant que les matières luminescentes réagissent plus activement aux radiations de Rœntgen, dont la fréquence vibratoire s'élève bien au-dessus de celle des rayons U.V.[1].

Ionisation des gaz irradiés par les rayons X. — Les rayons X dissocient les molécules gazeuses et constituent des groupes sous-moléculaires électrisés formant des ions gazeux. Par suite, les gaz deviennent conducteurs de l'électricité; ils déchargent les corps électrisés, quel que soit le signe de leur charge; ils éta-

1. Comme nous l'avons dit, la fluorescence du tube de Crokes est due aux rayons cathodiques. Cependant si on examine dans l'obscurité une ampoule qui vient de fonctionner, le verre reste quelques instants luminescent. Cette luminescence serait due aux rayons X.

blissent un courant entre les deux plateaux d'un condensateur à air[1].

Ces ions gazeux sont capables de provoquer la condensation des vapeurs saturées, chaque ion électrisé devenant un noyau de concentration (Wilson). Par suite de cette propriété, Thomson a pu déterminer le nombre des ions et la charge électrique contenue dans une unité de volume. Nous avons vu que les corps frappés par les rayons X émettaient des charges négatives accompagnées de radiations secondaires, analogues aux rayons γ. Nous ne serons donc pas surpris de les voir, comme les rayons U. V., produire l'effet Hertz.

Action chimique des rayons X. — Action sur les substances photographiques. — Les rayons X agissent sur les sels d'argent comme les rayons lumineux, mais présentent vis-à-vis d'eux un antagonisme remarquable.

L'effet des rayons X étant détruit par la lumière[2] et réciproquement, on peut ainsi obtenir directement un positif d'une impression aux rayons X ou aux rayons lumineux, suivant que la plaque a d'abord été légèrement impressionnée à la lumière ou au rayonnement de Rœntgen[3].

Réaction de l'iodoforme en solution chloroformique (réaction de Freund). — Sous l'influence des rayons X, une telle solution de coloration jaune devient rouge par suite de la mise en liberté d'une certaine quantité d'iode. Bordier et Galimard ont utilisé ce procédé pour mesurer la quantité de rayons X absorbés.

Action sur les sels de Goldstein. — Le chlorure de sodium, le sulfate de soude se colorent sous l'action des rayons X. Holtznecht s'est servi de cette propriété comme moyen de mesure.

Action sur une solution d'oxalate d'ammonium et de sublimé. — Sous l'influence des rayons X, il se produit un précipité de sublimé.

Virage des substances fluorescentes. — Les substances fluorescentes perdent, à la longue, leur pouvoir luminescent lorsqu'elles sont irradiées longtemps; ainsi, le platino-cyanure de baryum passe de la teinte jaune verdâtre à la teinte brune

1. Principe du radioquantitomètre de Villard.
2. Plus particulièrement rouges et infra-rouges.
3. P. Villard : *Traité de Radiologie* de Bouchard, p. 429.

(effet Villard). Ce moyen est devenu la base d'un procédé de mesure (radiomètre Saboureaud-Noiré, radiomètre de Bordier).

Ici encore, la lumière présente un antagonisme remarquable des rayons X et est capable de régénérer les sels virés sous leur action.

Transformation de l'amidon en dextrine. — Sous l'influence des rayons X, Colwell et S. Russ seraient parvenus, par des irradiations prolongées, à transformer partiellement une solution d'amidon (4 grammes dans 250 centimètres cubes d'eau distillée) en dextrine ou amidon soluble.

Action sur les colloïdes. — Bordier et Galimard ont montré que certains corps à l'état colloïdal cessent de présenter cet état, lorsque les doses de rayons X ont été suffisamment absorbées par eux; les grains colloïdaux se précipitent et s'agglutinent au fond du récipient.

PRINCIPE DES MOYENS DE MESURES DES RAYONS X

Radiochromomètre de Benoist. — Parmi les corps, les uns présentent, comme nous l'avons dit, la propriété de faire une sélection parmi les rayons incidents : corps *radiochroïques*. D'autres diminuent simplement leurs intensités globales. Ils sont *aradiochroïques*.

Benoist a pris, comme étalon, pour étudier la transparence des différents corps, une lame de paraffine[1], épaisse de 7 cent. 5. Il observait la luminescence produite sur un écran de platinocyanure par un faisceau de rayons X traversant le corps envisagé. Il a appelé équivalent de transparence de chaque corps, la masse en décigrammes d'un cylindre de ce corps, ayant pour base 1 centimètre carré et pour hauteur l'épaisseur x.

Cet équivalent peut être déterminé rigoureusement si la nature du rayonnement ne change pas, mais il devient différent si le rayonnement change de nature, et l'expression numérique du coefficient de transparence est autre. Dans ces conditions, chaque qualité de rayonnement peut être caractérisée et définie par la série numérique de coefficients de transparence correspondants. De là un moyen facile de qualifier un faisceau

1. Aradiochroïques.

de rayons X : il suffira de définir un quelconque de ces coefficients pour savoir la qualité de ce faisceau. C'est sur ce principe qu'est basé le radiochromomètre (Guilleminot).

Une lame d'argent de $0^{mm},11$, remplaçant la paraffine, sert d'étalon. Elle est au centre d'une échelle de comparaison en aluminium, constituée de douze secteurs, dont l'épaisseur croît de 1 à 12 millimètres. Les rayons X sont donc ainsi répartis en douze catégories. Les rayons les moins pénétrants donnent une ombre égale avec le disque d'argent au niveau des secteurs d'aluminium les moins épais.

Les rayons moyens donnent l'égalité d'ombre pour les secteurs 5, 6, 7. Enfin, l'égalité de transparence entre les secteurs 10, 11 ou 12 et la lame d'argent, indique qu'on a affaire à des rayons très pénétrants.

Radioquantitomètres. — A l'aide du radiochromomètre, nous avons déterminé la qualité du rayonnement. Pour déterminer la quantité des rayons X reçus, on s'adresse, le plus souvent, aux effets chimiques des rayons X.

Un des moyens plus fréquemment employés[1], est celui qui utilise la réaction de Villard (virage au brun du platino-cyanure de baryum).

Il repose sur la comparaison des teintes obtenues avec les teintes d'une échelle étalon.

Quoique d'usage courant, ces appareils sont d'une appréciation difficile.

Le Saboureaud-Noiré est dosé en Holtznecht.

5.H correspondent à la dose maxima que peut supporter la peau humaine sans qu'il s'ensuive d'érythème, la pastille étant placée à demi-distance (7 cent. 1/2) de la peau à l'anticathode.

Le chromoradiomètre de Bordier, placé directement sur la peau, possède une échelle de cinq teintes, mais, pour obtenir une teinte donnée, il faut se maintenir dans la même durée qui a permis d'obtenir la teinte étalon, et amener l'ampoule dans les conditions les plus favorables.

Signalons aussi le quantitomètre de Holtznecht, qui n'est plus utilisé.

C'est encore le quantitomètre de Bordier, utilisant la réac-

1. Sabouraud et Noiré, Bordier.

tion de Freund. Le quantitomètre de Kienbock, utilisant l'effet photographique.

Guilleminot emploie la fluorescence d'un écran en platinocyanure et compare son intensité à celle fournie par 2 centigrammes de radium. Il a donné à cet appareil le nom de *quantitomètre fluoroscopique*.

Compteur quantitométrique de Villard. — Villard utilise, comme facteur de dosage, le pouvoir ionisant des rayons X; à l'intérieur d'une petite boîte, reliée à une source de charge à potentiel constant, se trouve une lame isolée, communiquant avec l'aiguille d'un électromètre, dont les oscillations sont enregistrées par un compteur d'horlogerie sur un cadran. Chaque fois que l'air est ionisé, chaque oscillation de l'aiguille correspond à une quantité, toujours la même, de rayons X. Les indications du compteur sont rigoureusement proportionnelles à la qnantité de rayons X reçus par l'instrument.

La sensibilité de cet appareil est très grande, chaque déclanchement de l'aiguille correspond à 1/5 d'H environ.

Fürstenau a construit un radio-intensimètre basé sur la diminution de résistance d'une cellule de sélénium sous l'influence des rayons X. Un galvanomètre indique les variations de passage du courant dans le circuit.

Rapports des rayons X et des rayons ultra-violets. — La théorie ondulatoire des rayons X étant admise, nous avons vu qu'il fallait considérer les radiations de Rœntgen comme des ondulations de l'éther extrêmement rapides et de longueur d'onde très courte. Dans la gamme lumineuse, nous savons que Lénard et Ramsauer ont pu déceler des radiations de longueur d'onde 1.000 A., comme limite de l'U. V. extrême.

Les rayons X, ayant une longueur d'onde beaucoup plus courte encore, pourraient donc être considérés comme des rayons *ultra-ultra-violets*, sans que l'on connaisse à l'heure actuelle d'intermédiaire entre ces deux ordres d'ondulations. Rayons X et rayons U. V. ont, sur plusieurs points, des propriétés semblables et, par contre, paraissent sur d'autres complètement différer de nature.

Nous voyons, entre autres, que les rayons U. V. extrêmes, les plus près des rayons X, sont les moins pénétrants; quelques millimètres d'air suffisent à les arrêter; frappant la matière, ils

s'y amortissent très rapidement. Les rayons X sont, par contre, très pénétrants.

Les radiations U.V. obéissent aux lois de la lumière. Dans les conditions ordinaires, les rayons X ne peuvent être ni réfléchis, ni réfractés. Malgré cela, rayons X et rayons U.V. ont des actions physiques et chimiques communes :

Les uns et les autres excitent la fluorescence. Ils ont tous les deux un pouvoir *ionisant* lorsqu'ils rencontrent la matière ; cependant, ici, leur action n'est pas complètement identique.

Les rayons X ionisent directement les gaz en dissociant la molécule gazeuse en deux sous-molécules électrisées (positive et négative), capables de décharger les conducteurs quel que soit leur signe.

L'effet Hertz produit par les rayons U.V. est un peu différent.

Un faisceau U.V. rencontrant un corps électrisé ne le décharge que s'il présente un signe négatif. Si c'est un corps neutre, il y a départ d'électricité négative et le corps reste chargé positivement.

Les projectiles cathodiques émis peuvent produire l'ionisation des gaz en ions positifs et ions négatifs, si ce gaz est raréfié. Si le gaz est dense, le projectile cathodique devient simplement un ion gazeux négatif (Bloch), qui ne donne qu'une conductibilité unipolaire (Hallwachs, Righi).

Donc, l'ionisation des gaz par les rayons U.V. n'est qu'une conséquence indirecte de l'effet Hertz.

L'ionisation directe de l'air n'aurait jamais lieu et, si on croit parfois l'observer, elle est due à l'effet photo-électrique sur les particules de poussière en suspension (Henry, Bloch[1]).

Les rayons X et U.V. diminuent l'un et l'autre la résistance du sélénium. Ils colorent en violet les verres manganésifères.

Au point de vue chimique, ces deux ordres de radiations agissent activement sur la plaque photographique et présentent le même autagonisme vis-à-vis des radiations lentes du spectre lumineux.

Mais l'action des rayons X est assez limitée ; ils n'ont aucune action sur les dissolutions de sels d'argent, ni sur une série de substances solides ou liquides influencées nettement par les rayons U.V.

1. Guilleminot : *Loc. cit.*

Les décompositions[1] et les synthèses si remarquables produites par les rayons U. V. n'ont pu être réalisées par les rayons X.

Nous avons vu, cependant, en étudiant l'ultra-violet, que les phénomènes chimiques étaient d'autant plus intenses que le potentiel vibratoire de la radiation était plus élevé. Les rayons X devraient donc libérer une énergie chimique considérable; or, il n'en est rien.

Cette inefficacité des radiations de Rœntgen en opposition avec la puissance chimique élevée des rayons ultra-violets peut avoir une explication satisfaisante dans l'hypothèse suivante :

Lorsque les rayons U. V. augmentent de fréquence, ils sont absorbés de plus en plus rapidement par les corps qu'ils rencontrent; cela tient à ce que leur fréquence vibratoire tend à s'égaliser avec les vibrations de la matière et à s'y amortir; par suite, leur énergie se dégrade et peut engendrer des réactions chimiques.

Les rayons X, vibrant avec une vitesse supérieure aux vibrations de la matière, ne sont pas arrêtés par celle-ci, ils la franchissent sans difficulté et, n'étant pas absorbés, n'ont aucune action sur elle (D. Berthelot).

1. Sauf pour l'amidon.

DEUXIÈME PARTIE

ROLE BIOLOGIQUE DES RADIATIONS LUMINEUSES ET DE RŒNTGEN

CHAPITRE PREMIER

ROLE BIOLOGIQUE DE LA LUMIÈRE SOLAIRE

La lumière et la vie. — Action de la lumière sur les microorganismes et leurs toxines (Bacilles de Koch). — Rôle des différentes longueurs d'onde. — Facteurs adjuvants du pouvoir bactéricide de la lumière. — Action sur les toxines. — Rôle joué par la lumière dans son action bactéricide. — Action de la lumière sur les animaux. — Influence des longueurs d'onde différentes sur leur développement. — Phénomènes moteurs provoqués par la lumière sur les animaux. — Action des radiations ultra-violettes chez les animaux. — Influence de la lumière sur la respiration, sur la nutrition. — Action de la lumière sur le sang. — Rôle catalysant de certaines substances vis-à-vis des radiations. — Pénétration des téguments par les différentes radiations solaires. — Action de la lumière sur l'organisme humain : effets de la lumière solaire sur la peau. — Érythème. — Pigmentation. — Rôle joué par le pigment. — Effets physiologiques de la lumière solaire. — Essai d'interprétation des réactions physiologiques provoquées par la radiation solaire.

LA LUMIÈRE ET LA VIE

Les réactions physico-chimiques produites par la lumière sont particulièrement nettes dans le domaine des courtes longueurs d'onde, et nous avons vu qu'il fallait s'adresser au spectre U.V. moyen[1], des sources artificielles pour obtenir les effets

1. 3.000 A. à 2.225 A.

maxima. Mais ces radiations qui coagulent l'albumine sont impropres à la vie, et méritent le nom de *rayons abiotiques* du spectre.

La lumière solaire, à laquelle est suspendue la vie, se trouve limitée à la région où les rayons deviennent nuisibles. Les êtres terrestres se sont adaptés à ce rayonnement et peuvent, sans danger, subir des radiations jusqu'à 3.000 A. environ, une très faible portion d'U.V. abiotiques existant cependant dans son rayonnement.

Dans ce spectre limité, la nature fait son choix et, sans réaction thermique, à la température ambiante, sait utiliser ces radiations pour les analyses et pour les synthèses nécessaires à sa continuité.

Il existe donc un laboratoire vivant, capable de capter et d'utiliser l'énergie lumineuse. C'est le végétal qui, par l'assimilation chlorophyllienne, élabore ces processus. Sans ce facteur intermédiaire, la vie n'existerait pas sur la planète. Les faits suivants nous rendront compte du rôle important joué par la fonction des plantes vertes.

Vers la fin du XVIII[e] siècle[1], le chimiste Priestley fit une double expérience qui frappa vivement ses contemporains : Ayant placé une souris sous une cloche de verre, il vit qu'elle mourait bientôt asphyxiée ; mais, plaçant à côté de la souris, sous la même cloche, une plante verte, il constata qu'à l'obscurité la plante et la bête mouraient toutes deux, tandis qu'au soleil, les deux êtres vivaient. Il en conclut que les animaux vicient l'air et que les plantes le purifient sous l'influence de la lumière solaire.

Lavoisier donna plus tard l'explication de l'expérience ; il établit que la respiration animale est comparable à la combustion d'un morceau de charbon dans une cheminée. La respiration n'étant pas autre chose qu'une combustion lente, dans laquelle le carbone de nos tissus s'unit à l'oxygène de l'air pour former le gaz carbonique.

Dans l'expérience de Priestley, la souris, en respirant, transforme l'O en CO^2 ; la plante verte décompose l'acide carbonique, assimile le carbone et rejette l'oxygène dans l'atmosphère qui se trouve ainsi purifiée. Par les combustions organiques, le

1. D. Berthelot : *Rev. scientifique*, 1912, p. 353.

carbone animal tend à se transformer en CO^2. Sous cette forme dégradée, ce carbone (minéral) est puisé par les végétaux chlorophylliens, sous l'influence de la lumière, dans le grand réservoir *inorganique* et est ramené à l'état de carbone végétal.

Puis les animaux mangent les plantes et par le métabolisme digestif, le carbone végétal redevient carbone animal et ainsi de suite.

« Les animaux dégradent l'énergie; les plantes la restaurent; les animaux abaissent le potentiel chimique, les plantes le relèvent. Les plantes mettent en réserve de l'énergie, les animaux la consomment. La plante transforme l'énergie actuelle, ou force vive de la radiation solaire, en énergie chimique potentielle emmagasinée dans ses tissus.

« L'animal transforme l'énergie chimique potentielle des composés végétaux dont il se nourrit, en énergie actuelle ou force vive, qu'il manifeste dans ses mouvements » (D. Berthelot).

Cette énergie potentielle ne se manifeste pas seulement par l'alimentation animale; la houille, qui fait fonctionner nos machines à vapeur, n'est-elle pas le produit de l'énergie solaire, emmagasinée par les grandes fougères et les prêles de la période carbonifère?

Les réactions de synthèses produites par la lumière solaire ont lieu sous l'influence de la lumière visible. Depuis peu de temps, le chimiste[1] est parvenu à la température ambiante à réaliser des synthèses analogues, mais il s'adresse à des radiations de plus grande fréquence vibratoire, aux rayons U. V., surtout ultra-violets moyens.

« Comment la lumière ordinaire peut-elle consommer une énergie que nous ne pouvons utiliser?

« C'est que les plantes contiennent des ferments et des matières cellulaires qui agissent comme catalyseurs pour abaisser le potentiel nécessaire aux réactions, ce qui leur permet de remplir leur rôle synthétique avec le concours de l'énergie lumineuse visible » (D. Berthelot).

Sachant que les effets chimiques du spectre lumineux solaire sont surtout intenses dans la région des ondes courtes, on aurait tendance à penser que c'est à cette partie qu'est dévolue la part principale dans l'assimilation chlorophyllienne.

1. Voir *Rôle chimique des rayons U. V.*

La chose n'est cependant pas aussi évidente. Si l'on examine, en effet, le spectre d'absorption de la chlorophylle, on voit qu'il est constitué par sept bandes noires et que parmi ces bandes, la plus foncée est située dans le rouge. Les rayons verts, par contre, ne subissent aucune absorption, mais les radiations bleue, indigo, violet, présentent de nombreuses raies noires.

Une radiation n'ayant d'action qu'autant qu'elle est absorbée par le milieu, nous en déduirons que c'est la partie la moins réfrangible du spectre qui joue le principal rôle. Les radiations réfrangibles ne paraissent avoir qu'une fonction accessoire.

Cependant, des recherches récentes[1] semblent conférer à ces radiations de λ courtes sinon le rôle fondamental, du moins une faculté d'activation certaine. Les unes et les autres vibrations agiraient donc en synergie[2].

Le pigment végétal chlorophyllien, captant énergiquement les ondes solaires, a pu être, dans une certaine mesure, assimilé au pigment animal, l'*hémoglobine*, qui lui aussi fixe avec élection certaines radiations lumineuses : en couche mince, ce pigment absorbe les vibrations dans les régions jaune et verte et dans la partie ultra-violette du spectre. En couche épaisse, l'hémoglobine absorbe toutes les radiations allant du rouge au violet.

Cette bande spectrale représenterait toute l'énergie qui vient s'amortir dans les tissus animaux lorsqu'ils sont découverts[3]. Aussi voit-on, sans étonnement, la plante humaine s'épanouir plus facilement au soleil. Dans les pays où la luminosité est grande, la vie sexuelle commence beaucoup plus tôt que dans les pays entachés de brumes.

Chez les négresses, la menstruation est tout à fait précoce; contrairement, elle est tardive et fait parfois complètement défaut chez les jeunes esquimaux pendant les six mois de vie polaire.

Si la plante verte fuit l'obscurité et regarde la lumière, il est une catégorie de végétaux vivant à l'ombre en parasites ou en saprophytes, aux dépens des matières organiques; parmi eux, ceux qui se rattachent au groupe des algues bleues, les *microbes*, vont maintenant nous occuper.

1. Theodoresco, Griffon.

2. La lumière la plus favorable au développement des plantes ne serait pas la même à toutes les époques de la vie : la lumière diffuse semble favoriser le développement des feuilles, la pleine lumière du soleil paraît préférable pour la production des graines, des tubercules et des fruits (Combes).

3. L'hémoglobine est réduite plus facilement à la lumière qu'à l'obscurité.

ACTION DE LA LUMIÈRE SUR LES MICROORGANISMES ET LEURS TOXINES PLUS PARTICULIÈREMENT SUR LE BACILLE DE KOCH

Action sur les microorganismes. — Depuis longtemps déjà, l'action destructive de la lumière solaire sur les germes vivants est connue. Spallanzani, en 1700, l'avait déjà signalée à propos des microorganismes contenus dans les infusions végétales, mais pour lui la chaleur seule agissait.

Schmarda, en 1865, constata l'influence nocive de la lumière sur le développement d'une culture d'infusoires.

C'est seulement avec Downes et Blunt (1877), puis Duclaux que le rôle bactéricide des radiations solaires est affirmé.

A leur suite, Tyndal, Nocard, Strauss, Arloing, Büchner et Krause, Dieudonné, Bié, Nogier, V. Henri, J. Courmont, Thévenot, contribuèrent à montrer, par leurs recherches expérimentales, le mode d'action des rayons lumineux.

Les premiers, Downes et Blunt[1], ont prouvé, par une expérience décisive, le rôle stérilisant du soleil : ils exposèrent au soleil, des tubes contenant un bouillon nutritif et ensemencés avec des bactéries.

Certains de ces tubes étaient recouverts d'une lame de plomb. Les milieux étaient ensuite portés à l'étuve; ils constatèrent alors que dans les tubes protégés par du plomb qui arrêtait la *lumière mais non la chaleur*, les cultures se développaient.

Ceux exposés nus demeuraient stériles. Ils démontrèrent plus tard que les radiations U. V. agissaient particulièrement.

Duclaux[2], opérant avec des microbes donnés sur des milieux bien définis et dans un temps fixe, conclut que le degré de résistance, au soleil, des spores des divers microbes varie suivant l'espèce et les milieux de culture; il trouve les bactéries moins résistantes que les spores.

Arloing[3], expérimentant sur le bacille du charbon à l'inverse des données émises, trouve que les spores sont plus facilement détruites que les bacilles.

1. *Proc. Roy. Soc. of London*, 1877, t. XXVI, p. 488.
2. *C. R. A. S.*, p. 119, 1885.
3. Arloing : Influence de la lumière sur le charbon. *Semaine méd.*, 1885, p. 46, 293 et 309.

Il explique le phénomène de la façon suivante : sous l'action de la chaleur solaire, les spores entrent en germination; ce n'est donc plus la spore qui est tuée, mais le bacille lui-même, à la première période de son évolution.

Pour Roux[1], ce phénomène, décrit par Arloing, tient à une question de milieux de culture; l'air et le soleil modifient le terrain nutritif, empêchant l'évolution des spores mais non celle des bactéries formées.

Strauss appuyait cette opinion par la difficulté de faire développer des germes dans l'eau distillée, milieu impropre à la culture.

Pansini[2], à Naples, utilise la lumière totale, sans écran absorbant capable d'arrêter certaines radiations; il démontre qu'une culture de « charbon » est stérilisée non seulement par les rayons directs solaires, mais encore que la lumière diffuse agit d'une façon manifeste, bien que plus lentement.

En 1890, Koch, opérant *in vitro*, montra le rôle stérilisant considérable joué par la lumière sur le bacille de la tuberculose.

De nombreux auteurs ont étudié le rôle destructeur de la lumière vis-à-vis de ce germe. Nous citerons quelques travaux caractéristiques[3].

Pansini montre qu'à la lumière diffuse, le bacille de Koch est détruit en cinq à six jours. Il peut survivre très longtemps à l'abri de la lumière.

Mignesco[4], Ramsone et Sheridan[5], après avoir exposé au soleil, pendant vingt-quatre heures, des étoffes souillées par des crachats bacillifères, ne purent retrouver, au microscope, des traces de bacilles, et des injections faites au cobaye avec une macération de ces étoffes dans du sérum physiologique, demeurèrent négatives.

La lumière, comme l'a expérimenté Jousset[6], est microbicide du crachat tuberculeux. Vingt-quatre heures atténuent sa virulence, mais il peut encore tuberculiser le cobaye. Quarante-huit heures le stérilisent complètement.

1. *Ann. de l'Institut Pasteur*, 1887, t. I, p. 445.
2. De la lumière sur les microbes. *Rev. d'Ig.* Napoli, 1889.
3. Principaux auteurs qui se sont occupés de cette question : Koch, Feltz (de Nancy), Deschfeld, Ramsone, Sheridan, Delépine, Mignesco, Roux, Jousset, Hamesse, Malgat, Kayser, Foveau de Courmelles.
4. Action de la lumière sur le bacille de Koch. *Ann. Ig. sperim.*, 1895, p. 216.
5. *New-York Med. Journal*, 1894, p. 12.
6. Soc. de Biol., 27 octobre et 26 novembre 1900.

Malgat et Hamesse ont relaté des faits analogues.

Mettler[1], Janowsky, Krause, Geissler stérilisent facilement, en quelques heures : le coli-bacille, le staphylocoque doré, le bacille d'Eberth (deux heures).

Pour mettre en évidence, d'une façon concrète, l'action de la lumière sur le vibrion cholérique et d'autres variétés microbiennes, Buchner[2] préparait une culture en milieu solide (gélose ou agar-agar), dans des boîtes de Petri qu'il recouvrait d'une lamelle de plomb découpée dans le mot *choléra*. On exposait la culture pendant un certain temps au soleil, puis on la mettait à l'étuve. Lorsque la culture était développée, elle apparaissait seulement aux points où la lame de plomb avait fait ombre. Le microbe avait inscrit son propre nom.

Les recherches récentes de Kitasato, Palermo[3] sur le bacille pesteux, de Roux, Yersin[4], sur le bacille de Klebs-Loeffler, ont toutes montré le rôle hygiénique universel de la lumière solaire.

La portée de ce principe étant définitivement reconnue, nous devons nous demander si toutes les radiations agissent indifféremment, ou si une portion du spectre solaire agit électivement sur les microorganismes.

Rôle des différentes longueurs d'onde. — Arloing prétendait, après ses recherches sur le bacille anthracis, que la lumière totale jouissait seule de ce pouvoir bactéricide.

Downes et Blunt, au contraire, avaient déjà, comme nous l'avons vu, localisé cette action aux rayons actiniques.

D'Arsonval et Charrin, soumettant des cultures dans des conditions identiques (tubes ensemencés avec du bacille pyocyanique), trouvaient que les cultures nées sous l'action des rayons rouges étaient seules développées, et que, pour une durée suffisante, celles soumises aux rayons U. V. demeuraient stériles.

Janowski[5] démontre également, à l'aide d'écrans formés par des solutions diverses (bichromate de potasse, couleurs d'aniline, etc.), que le bacille d'Eberth est plus rapidement détruit par les radiations de longueur d'onde courte.

Geisler[6], examinant comparativement l'action de la lumière

1. *Bakt. Abt. d. Hyg. Inst. d. Univ.* Zurich, 1905.
2. Buchner et Krause : *Centralblatt*, 1892.
3. *Ann. Ig. sperim.* Roma, vol. III, fasc. 4.
4. *Ann. Institut Pasteur*, 1887, t. I, p. 445.
5. *Centralbl. f. Bakteriol.*, 1890, t. VIII.
6. *Centralbl. f. Bakteriol.*, t. II, 1892.

solaire et de la lampe à arc, conclut que l'une et l'autre source radiantes sont capables de stériliser d'autant plus rapidement que l'on se rapproche des ondes les plus réfrangibles. Les radiations rouges seraient sans action. Kothliar[1] et Buchner[2] sont arrivés à des résultats semblables.

Ledoux-Lebard[3] a constaté également que la partie la moins réfrangible du spectre est sans action sur le bacille diphtérique, tandis que la plus déviée le détruit.

Finsen et Bié[4], expérimentant à l'aide d'une lampe à arc de 6.000 bougies, qui ne présente pas de grande différence qualitative avec la lumière solaire (Geissler), attribuent uniquement aux rayons chimiques une action stérilisante; pour eux, elle intervient pour 96 p. 100 et le reste du faisceau spectral seulement pour 4 p. 100.

Ruoff[5], qui a étudié avec soin l'action prolongée des diverses radiations, en opérant avec une lampe à arc, est arrivé au résultat suivant : sur le bacille du *sang de rate*, avec les rayons rouges, il détruit, en cent six heures, les spores.

Avec la lumière électrique totale, dans le même temps, il ne provoque qu'une diminution des spores.

Les bacilles résistent moins que les spores. Les rayons rouges et les rayons bleus ont peu d'action.

La lumière violette, ainsi que la lumière électrique totale, détruisent ces bacilles en cent heures.

Les vibrions cholériques sont affaiblis par la lumière électrique en dix-huit à quarante heures; ils sont détruits en soixante-quatre heures. Mais, fait paradoxal, les rayons rouges, bleus et violets, atténuent leur virulence si les irradiations sont courtes. Si elles sont prolongées, elles l'exaltent.

Bacille prodigiosus : Pour tuer ce bacille, il faut vingt-quatre heures de rayons bleus, quarante-huit heures de rayons rouges et de lumière électrique. Mais les rayons violets empêchent seulement la pullulation bactérienne.

Le bacille pyocyanique, le staphylocoque pyogène supportent cent vingt heures d'irradiations sans être stérilisés. Les rayons

1. *C. R. Ann. Institut Pasteur*, mai 1893.
2. *Arch. f. Hyg.*, t. XVIII, p. 179.
3. *Arch. de Méd. exp. et d'Anat. path.*, 1893.
4. *Meitteilungen Ans. Finsen's Lich. Institut*, Leipzig, 1900.
5. *Die Einwirkung des electrischen Lichts auf bakterien.* Stuttgart, 1912.

violets diminuent un peu leur virulence et, de moins en moins, les rayons bleus et rouges. Comme on peut en déduire, d'après ces recherches de Ruoff, suivant l'espèce microbienne envisagée, on obtient des réactions un peu différentes avec les divers rayonnements.

Expérimentant avec la lampe à mercure, M. et Mme V. Henri ont montré le rôle retardant de la lumière ultra-violette sur les cultures de bacilles de Koch poussant sur pomme de terre.

De tout ce qui précède, nous pourrons adopter les conclusions suivantes :

1° Le soleil ou les sources lumineuses, fournissant un spectre analogue, agissent sur les bactéries et sur les spores pour en ralentir le développement;

2° C'est surtout aux rayons chimiques bleus, violets, ultra-violets que la lumière doit ce pouvoir.

Mais, bien qu'élective, cette propriété n'est pas absolue et les radiations peu réfrangibles du spectre (rouges) sont capables d'actions stérilisantes *in vitro*, comme l'a montré Ruoff.

Par contre, ces mêmes radiations rouges paraissent accélérer le développement de certains microorganismes.

La sensibilité des bactéries à la lumière varie non seulement avec les espèces bactériennes, mais encore avec le milieu.

Le bacille de Koch présente à cet égard, suivant les cultures, de grandes variations. Il n'est cependant pas d'espèce microbienne qui puisse résister au pouvoir bactéricide de la lumière, si cette lumière est assez intense et assez concentrée et si le temps d'exposition est suffisamment long.

Les rayons chimiques solaires ayant une action directe intense sont en bien faible quantité, si nous les comparons à ceux fournis par les sources artificielles.

Bié a constaté qu'en faisant agir la lumière d'une source riche en radiation ultra-violette sur des bactéries, il suffisait d'une minute pour les détruire à travers une lame de quartz. En employant une lame de verre très mince, il fallait douze minutes. Les U. V. moyens de longueurs d'onde 2.950 à 2.000 A., qui seules traversent le quartz, ont donc une action douze fois plus intense que les rayons chimiques qui traversent le verre. Ces radiations, qui traversent le verre, s'étendent de 7.600 à 2.950 A.; elles représentent le spectre solaire. On voit déjà combien le pouvoir bactéricide de la lumière solaire est réduit, et ici une portion

faible, il est vrai, mais efficace d'U. V. moyens 3.000 A. à 2.950 A. existe. En réduisant le spectre lumineux aux environs de 3.000 A., l'écart devient plus considérable encore. Mlle Cernovodeanu et V. Henri[1] ont montré que si, expérimentant avec la lampe de quartz, on interposait une plaque de verre blanc de 1 millimètre, tout le spectre U. V., après les raies 3.027 A. ou 3.022, était arrêté. Dans ces conditions, l'action bactéricide est très ralentie. Il faut trois à cinq heures d'exposition pour stériliser une culture de bacilles coli, au lieu de quinze à vingt secondes, temps nécessaire habituel.

Une plaque de mica $0^{mm},2$, qui arrête les rayons U. V. à partir de 2.759 A. et laisse passer affaiblis 2.804 A. et 2.803, a presque le même effet que l'écran de verre.

Des traces de bouillon, ajoutées à l'émulsion, retardent très fortement la stérilisation; le bouillon arrête les rayons U. V. à partir de 2.925.

Par conséquent, d'après ces auteurs, les rayons U. V. les plus bactéricides sont ceux qui ont une longueur d'onde inférieure à 2.800 A.

C'est la région ultra-violette moyenne qui possède le pouvoir bactéricide le plus intense; c'est également à partir de la même région que les réactions chimiques les plus fortes sont provoquées; *il y a donc un parallélisme constant entre l'action bactéricide et l'action chimique de l'U. V.* Cette portion spectrale mérite bien le nom de radiation *abiotique* que lui a donné M. Dastre.

Si les ultra-violets solaires sont moins actifs, ils sont aussi moins dangereux; la vie est adaptée à ce rayonnement et sauf les êtres qui vivent à l'ombre habituellement peuvent le redouter.

Par opposition avec les précédents, on peut les considérer comme *eubiotiques*[2].

Facteurs adjuvants du pouvoir bactéricide de la lumière. — 1° Influence de l'intensité lumineuse et de sa durée. — Plus

1. Cernovodeanu et V. Henri : *C. R. A. S.*, 3 janvier 1910.

2. La zone de transition entre la région biotique et la région abiotique du spectre est très limitée, comme l'a montré Raybaud. Faisant tomber le spectre ultra-violet d'une lampe à Hg sur une culture de phycomycès, il constata que le développement était normal jusqu'à λ 3.150 A., et qu'il cessait brusquement à partir de λ 3.025 A.

la source lumineuse sera intense et riche en radiations chimiques, plus l'effet bactéricide sera manifeste.

A la lumière diffuse du soleil, le bacille de Koch est détruit en cinq à six jours, tandis que par insolation directe, il est tué en deux heures, sur bouillon glycériné (Lesieur et Legrand)[1].

2° Epaisseur des milieux. — Le facteur essentiel de l'action des radiations sur les bactéries est la perméabilité du milieu. Mais la composition de celui-ci a plus d'importance que son épaisseur : pour obtenir une stérilisation énergique, il faut faire agir la lumière sur des milieux aussi *transparents que possible*.

L'opacité des milieux due, soit à leur coloration ou aux substances colloïdales, soit à ces deux facteurs, constitue le principal écueil à la pénétration de la lumière.

Courmont et Nogier[2] ont montré que la présence de quelques gouttes de bouillon peptoné (substance colloïdale), incapables de modifier la transparence de l'eau, réduisent considérablement le pouvoir stérilisant des rayons ultra-violets.

Pour des préparations plus concentrées de bouillon peptoné, lactosé ou même ordinaire absolument limpides, une exposition à moins de 3 centimètres d'une lampe à Hg est incapable de les stériliser[3].

Le coli-bacille n'est nullement influencé. Ceci rend compte de la difficulté de stérilisation artificielle par l'U. V. de la bière, du vin et surtout du lait, une épaisseur de $0^{mm},25$ empêche toute action[4].

Par contre, l'eau claire peut-être purifiée efficacement par le soleil jusqu'à $1^{m}60$ (Praussnitz, Procaccini, Buchner).

3° Sécheresse et humidité du milieu. — Des cultures de bacilles de Koch sur bouillon glycériné sont tuées en deux heures au soleil, mais exposées à l'état sec en couche mince sur des lames de verre, il suffit d'une demi-heure (Strauss, Lesieur et Legrand).

Les spores desséchées, d'après Pansini[5] et Mornont, résisteraient cependant plus facilement à la lumière, comme ils l'ont observé avec le *bacillus anthracis*. Une heure en milieu humide

1. *Prov. méd.*, 8 février 1907.
2. *C. R. A. S.*, 2 août 1909, p. 364.
3. Le bouillon peptoné sur 10 millimètres arrête l'U. V. à partir de λ 3.340.
4. L'appareil de Westinghouse permet la stérilisation en faisant passer le lait sur une épaisseur de $0^{mm},1$.
5. *Loc. cit.*

suffit à les détruire, mais il faut huit heures si les spores sont desséchées pour obtenir ce résultat.

4° Influence de la température. — L'action bactéricide de la lumière ultra-violette se produit avec la même vitesse aux températures de 0, 18, 25, 35, 45 et 55 degrés. Elle a lieu également dans la glace transparente (V. Henri et Cernovodeanu).

Action sur les toxines. — L'action de la lumière ne s'exerce pas que sur les microorganismes, mais elle agit sur leurs sécrétions qu'elle atténue ou détruit.

Au début de ces recherches, les résultats furent assez contradictoires.

Roux, Nogier et J. Courmont n'obtiennent pas de résultats concluants.

Hertel[1] et Piazza[2] signalent, au contraire, une altération profonde des toxines diphtériques à la lumière solaire, pourvu que la surface d'exposition soit large. Arloing[3] parvient à atténuer le virus charbonneux par la lumière solaire, à tel point qu'il peut s'en servir comme vaccin.

Vaillard et Vincent[4] rendent inoffensive la toxine tétanique, après sept jours d'exposition à la lumière diffuse.

Courmont et Nogier[5], avec la lampe à Hg de Kromayer, atténuent progressivement la virulence de la même toxine par une exposition de cinq à cent cinquante minutes, mais ils ne parviennent pas à la détruire.

M^lle^ Cernovodeanu et V. Henri confirment ces expériences, mais parviennent à la destruction complète de la toxine tétanique par la lumière ultra-violette, à condition que celle-là soit *suffisamment diluée*.

Ils démontrent encore que le rôle de l'U. V. est indépendant de la température et que ce sont les radiations inférieures à 3.021 A. qui agissent surtout.

Si Courmont et Nogier n'ont réussi qu'en partie, cela tenait à la présence du bouillon peptoné, qui arrêtait les radiations.

La tuberculine, comme l'a montré Jousset[6], exposée aux

1. *Uber lichtbiologische Fragen f. Angenheil K.*, t. XXVI, fasc. 5, p. 393.
2. *Ann. d'Ig. sperim.*, 1895, t. IX.
3. *C. R. A. S.*, t. CL, p. 1511, 1885.
4. *Rev. d'Hyg.*, mars 1898.
5. *C. R. A. S.*, 2 août 1909.
6. *Loc. cit.*

rayons U.V. ne donne plus aucune réaction chez le cobaye tuberculeux; la durée de l'exposition doit être très longue (cinq heures), car la toxine est plus résistante que le bacille lui-même. Enfin, bien que n'étant plus toxique, la tuberculine conserve encore le pouvoir *précipitogène*.

Rôle joué par la lumière dans son action bactéricide. — Downes et Blunt considéraient l'action bactéricide de la lumière solaire comme due à une action oxydante.

Leredde et Pautrier[1] jugeaient la présence de l'air sinon comme indispensable, du moins comme capable d'activer singulièrement la stérilisation. De plus, la lumière agirait sur les milieux liquides en formant de l'eau oxygénée dont on connaît le pouvoir antiseptique puissant.

Ces opinions ont eu de nombreux défenseurs (Krause, Marshall, Word, Dieudonné, Richardson).

Duclaux et Roux avaient défini ainsi l'action de la lumière : « La radiation solaire directe peut disloquer la matière organique comme la disloquent les microbes. Pendant la dislocation de la matière organique, sous l'influence des radiations solaires, il y a formation intérimaire d'acide formique qui est un antiseptique actif; il y a formation fréquente dans ces conditions d'H^2O^2 et d'O^4, qui sont aussi deux antiseptiques. La lumière modifie, en général, les milieux de culture; même avec les matières grasses, elle donne une saponification acide. La dislocation de la matière organique, sous l'influence de la radiation solaire directe, nous donne la raison de l'action de ces ondulations de l'éther sur les diastases et les toxines. »

On voit que, pour tous ces auteurs, la stérilisation des cultures par la lumière était indirecte et liée à une modification des milieux qui donnait naissance soit à de l'ozone, de l'eau oxygénée, de l'acide formique, des acides gras.

A la suite des travaux de Bié[2], mais surtout de J. Courmont et Nogier[3], V. Henri et M^lle^ Cernovodeanu, on sait que la lumière agit directement.

1. *Photothérapie et photobiologie*. Paris, 1903.

2. *Lichtthérapie Deut. Aerzte Zeit.*, 1912. Bié objecte que l'eau oxygénée ne prend naissance que dans les milieux contenant des matières azotées et que, malgré cela, on observe la stérilisation dans l'eau distillée. (Cette opinion n'est pas exacte, comme nous l'avons vu.) Voir *Action chimique des radiations ultra-violettes*.

3. *Monde méd.*, 15 septembre 1909.

L'ozone ne peut prendre aucune part à la stérilisation : La formation de ce corps est lente (deux heures et demie dans une expérience de van Aubel). Elle est gênée par la présence de l'azote de l'air. Après quelques minutes d'irradiation, D. Berthelot et Gaudechon n'ont pu en déceler la moindre trace.

Or, la stérilisation microbienne avec la même source, riche en U.V., ne demandait que quelques secondes (soixante secondes pour les plus résistants).

L'eau oxygénée ne peut avoir d'action efficace dans la stérilisation par la lumière.

Il faut un temps très long pour que l'eau oxygénée apparaisse : dix heures pour Miroslaw, Kernbaum, quatorze heures pour van Aubel.

Après vingt minutes d'irradiation artificielle, Courmont, Nogier, Rochaix n'ont pu en déceler la moindre trace.

M^lle^ Cernovodeanu et V. Henri[1], utilisant une lampe C.H. 220 volts, sont parvenus à déceler 1/5 de milligramme d'H^2O^2 par litre, après trente minutes d'irradiation.

Il faut une dose 400 fois plus forte pour obtenir une action stérilisante sur le coli-bacille.

L'émulsion de coli-bacille dans une solution de 1/5 de milligramme par litre n'est pas tuée plus rapidement par l'U.V.

Les rayons U.V. font perdre, à certains microbes, la réaction de Gram. Cette perte est encore une preuve de l'action directe des rayons ultra-violets, car l'eau oxygénée à la concentration de 1/100 normale ne modifie pas la réaction de Gram.

Les toxines des microbes sont exaltées par de petites doses d'H^2O^2 ; elles sont détruites par l'U.V.

L'action de la lumière est donc bien directe; elle détermine des altérations cellulaires, des modifications chimiques intimes des protoplasmes qui expliquent son action.

V. Henri[2] a particulièrement montré qu'il y avait un parallélisme constant entre l'action bactéricide et l'action chimique de l'U.V. Les rayons les plus bactéricides sont aussi ceux qui produisent les réactions les plus intenses. Comparant la valeur du coefficient d'absorption pour le blanc d'œuf et la valeur du pouvoir abiotique, il a trouvé que ce pouvoir abiotique est

1. *C. R. A. S.*, 3 janvier 1910.
2. *C. R. Soc. de Biol.*, 27 juillet 1912.

presque exactement proportionnel au pouvoir d'absorption du protoplasma[1].

Les modifications intimes des protoplasmas microbiens peuvent être mises en évidence par les réactifs colorants.

Sous l'influence de l'U. V., le protoplasma[2] est devenu granuleux; il y a bactériolyse.

Les microbes qui prenaient le Gram ont perdu cette propriété, en particulier le staphylocoque.

M^lle Cernovodeanu et V. Henri[3] ont vu que le bacille tuberculeux perd sa colorabilité par la méthode de Gram à l'état sec et en émulsion. Quant à l'acido-résistance, le bacille la perdrait à l'état sec, mais pas en émulsion.

Rochaix et Colin[4], expérimentant également sur des bacilles acido-résistants (bacille tuberculeux bovin, bacille du smegma, bacille du beurre de Rabinowitch), arrivent à des conclusions à peu près analogues.

L'irradiation des bacilles acido-résistants à l'état sec leur fait perdre la faculté de se colorer par le Gram, le Much et le Ziehl. Les bacilles acido-résistants perdent moins facilement en émulsion leur coloration par le Ziehl; c'est le contraire pour le Gram.

Si on prolonge l'irradiation on arrive à leur faire perdre cependant leur acido-résistance[5]; la difficulté de colorabilité par ces diverses méthodes des microbes acido-résistants soumis aux rayons U. V. varie suivant les espèces microbiennes; il n'y a pas de parallélismes entre la disparition de la colorabilité par les divers procédés.

Toutes ces recherches sont faites à l'aide de la lampe à Hg, fournissant un spectre U. V. extrêmement riche. En présence de la lumière solaire, des phénomènes analogues s'observent également lorsque les insolations sont assez prolongées.

La disparition de cette propriété acido-résistante, caractéristique de certains microbes (bacilles de Koch), peut avoir son explication dans le fait suivant : Les microbes acido-résistants

1. Le pouvoir abiotique des rayons U. V. augmente continuellement lorsque la longueur d'onde diminue; il n'y a pas lieu d'admettre l'existence d'un optimum de sensibilité pour les rayons jusqu'à 2.144 A.
2. L'U. V. fixe les microbes comme la chaleur.
3. *C. R. A. S.*, 5 janvier et 14 mars 1910.
4. *C. R. A. S.*, 11 décembre 1911.
5. Les substances qui prennent le Gram ou le Much ont tendance à se concentrer sur les granulations de Much, alors que les substances acido-résistantes paraissent être diffusées uniformément.

possèdent une substance cireuse (éthero et chloroformo-bacilline d'Auclair) adhérente aux corps bacillaires qui les empêchent, lorsqu'ils ont été colorés par le Ziehl, d'être décolorés par les acides.

Si on les expose aux rayons U. V., ceux-ci exercent leur action chimique sur la substance cireuse, *sorte de graisse*, et la saponifie; consécutivement le microbe perd ses propriétés acido-résistantes.

ACTION DE LA LUMIÈRE SUR LES ANIMAUX

Réactions cellulaires vis-à-vis des radiations. — L'étude de l'action de la lumière sur les animaux présente d'assez grandes difficultés, car les réactions sont complexes et parce que d'autres agents atmosphériques agissent en même temps sur les organismes, rendant ainsi plus difficile l'interprétation.

En outre, si la plante subit passivement la radiation solaire, il en est tout différemment chez l'animal qui possède une existence autonome et ne dépend pas, comme le végétal, du milieu ambiant.

En effet, les animaux possèdent un système nerveux, des organes, des sens qui les mettent à même de contrôler les variations du milieu extérieur et leur permettent de réagir si les agents physiques sont nuisibles.

Les cellules, sous l'influence de la lumière, manifestent leur vitalité par une augmentation des échanges.

Quincke[1] a trouvé que l'oxydation était augmentée par la lumière dans les cellules animales.

Molleschott et Fubini[2] ont prouvé que le tissu musculaire vivant et le tissu nerveux (moelle épinière, cerveau) ont des échanges respiratoires plus actifs à la lumière qu'à l'obscurité.

Les radiations violettes augmentent les mouvements cellulaires, comme l'a montré Uskow en irradiant les cellules vibratiles de l'œsophage de la grenouille.

Influence des longueurs d'onde différentes sur le développement. — Les nombreux travaux, suscités par ce sujet, n'arri-

1. *Semaine méd.*, 30 avril 1902.
2. Molleschott : *Untersuchung zur Nahrung*, 1881, t. XII, p. 26.

vent pas tous à des conclusions analogues et les avis sont assez partagés. La chose est due, sans doute, à ce que chaque espèce animale réagit de façon différente vis-à-vis des radiations lumineuses et qu'il est imprudent de généraliser.

Nous citerons, par exemple, les *races animales cavernicoles* qui se développent plus facilement à l'obscurité qu'à la lumière parce que, par hérédité, elles sont adaptées à la vie souterraine.

De l'observation de ces êtres, il serait erroné de prétendre que la lumière est nuisible au développement des animaux.

Un des premiers W. Edwards[1], en 1824, a établi que la lumière activait la métamorphose des têtards et des grenouilles. Par contre, Mac Donnel[2], Dutrochet[3] Schnetzler observent une action retardante sur les œufs de grenouilles et de salamandres.

Mais il est nécessaire de rechercher l'influence des divers faisceaux lumineux.

En 1878, Yung[4], dans son travail sur l'influence des différentes couleurs du spectre sur le développement des animaux (*rana esculanta et temporaria*, *salmo trutta et lymnæa stagnalis*), conclut que les radiations violettes accélèrent la croissance, les vertes l'arrêtent, l'obscurité la ralentit.

Dans de nouvelles expériences, il observa que l'*hydre d'eau douce* se développe plus rapidement à la lumière rouge qu'à la lumière blanche. Plus facilement à la lumière solaire que dans la lumière verte et *surtout violette*. Elle périt rapidement dans l'obscurité.

En 1891, Jackenowitch, recherchant l'influence des diverses couleurs sur la karyokinèse des larves de *triton cristatus et maculatus*, remarque que, sous l'action de la lumière violette, le nombre des figures de karyokinèse est plus grand et que c'est dans cette couleur que les larves atteignent leurs plus grandes dimensions.

Pour les autres radiations, les résultats sont variables, le minimum d'action se trouvant tantôt dans le vert, tantôt dans le rouge.

En 1893, Ch. Féré[5] établit la supériorité de la lumière blanche

1. Influence des agents physiques sur la vie.
2. *Journ. phys.* de Brown-Séquard, t. II, p. 265, 1859.
3. *Recherches sur les enveloppes du fœtus.* Bruxelles, 1834.
4. Influence des différentes couleurs du spectre sur le développement des animaux. *Arch. de zool. expér.*, 1878.
5. Accidents produits par la lumière électrique. *Semaine méd.*, 1889, p. 180.

sur les lumières rouge, orangée et *violette* dans le développement des œufs de poule.

En 1902, Leredde et Pautrier[1] ont observé que le développement des têtards de *rana temporaria* s'effectuait plus rapidement sous l'influence du bleu-violet que sous la couleur rouge. La lumière violette exciterait la prolifération cellulaire.

Baudrimont[2], expérimentant sur le développement des vers à soie, conclut que l'obscurité semble, sauf pour ce qui est des éclosions, jouer un rôle supérieur à celui de la lumière solaire.

La lumière colorée a une action indéniable sur le développement des vers à soie. Le maximum d'effet revient aux parties extrêmes du spectre, au détriment des lumières de réfrangibilité moyenne.

Ce sont les radiations rouges qui ont l'influence la plus favorable au développement des vers à soie. Pour les éclosions, les radiations les moins réfrangibles ont nettement une influence accélératrice.

De même Flammarion et Mathieu, chez ces mêmes vers, ont trouvé une proportion de femelles égale à 50 p. 100 dans la lumière rouge et seulement de 38 p. 100 dans le bleu.

En présence de ces diverses expériences, nous voyons qu'il ne faut pas se hâter de conclure, comme le font beaucoup d'auteurs, que la partie la plus réfrangible du spectre accélère considérablement le développement des animaux et que la lumière rouge a une action retardante et nuisible. Bien souvent, ils ont négligé de citer les expériences favorables aux radiations peu réfrangibles du spectre.

Aussi, croyons-nous que Finsen a beaucoup trop généralisé lorsqu'il a dit que *les rayons chimiques bleu-violet et ultra-violets ordinaires étaient des promoteurs de vie et d'énergie.*

Si les embryons de grenouilles, de tritons se développent mieux sous la lumière violette et bleue (Yung, Jackenowitch, Leredde et Pautrier), par contre l'œuf de poule a une incubation plus rapide sous la lumière blanche, à l'exclusion de toute autre couleur même la violette (Ch. Féré).

Enfin l'hydre d'eau douce, les vers à soie ont un développement beaucoup plus rapide sous la lumière rouge que sous la

1. *Photothérapie et photobiologie*, Paris, 1903.
2. *Th. Bordeaux*, 1910.

lumière bleue ou violette (Yung, Baudrimont, Flammarion et Mathieu).

Chaque espèce animale réagit d'une façon qui lui est propre en présence des diverses couleurs du spectre.

Phénomènes moteurs provoqués par la lumière sur les animaux. — Les mouvements provoqués par la lumière chez les animaux (heliotropisme animal, positif ou négatif) peuvent être provoqués par une excitation directe du tégument ou par une sensation visuelle; il importe de rechercher à laquelle de ces deux perceptions l'animal réagit.

Vis-à-vis de la lumière blanche, certains mollusques lamellibranches présentent une phototropisme positif net, comme l'a montré R. Dubois[1]. Le photodedactyle incurve son siphon du côté de la lumière si elle lui arrive latéralement, par contraction de la face éclairée[2].

Le spirographe Spalanzini et le *serpulla uncinata* (annelides tubicoles) rentrent leurs tubes, de manière que les rayons lumineux frappent perpendiculairement leur couronne tentaculaire.

En 1892, L. Blanc observa que la lumière blanche possède une influence sur l'orientation de l'embryon de l'œuf de poule qui tourne, le plus souvent, son extrémité céphalique du côté de la source lumineuse.

P. Bert[3] (1878), Wedensky (1879), voient les grenouilles aveugles se tourner du côté de la lumière.

1. *C. R. A. S.*, t. CX, p. 160, 1890.

2. Cette orientation positive vers le champ lumineux (*a*) ne s'opère pas au hasard, elle est fonction de l'intensité de l'éclairement et du temps pendant lequel il s'exerce.

Les recherches récentes de J. Lœb et W. F. Ewald (*b*) viennent de montrer que les phénomènes héliotropiques des animaux obéissaient aux lois qui régissent le phototropisme des végétaux. Expérimentant sur des polypes dydroïdes du genre *Eudendrium*, ces auteurs ont observé que la courbure héliotropique, présentée par ces êtres lorsqu'on les soumettait à un éclairement unilatéral, suivait la loi du carré de la distance, c'est-à-dire, que si l'on augmentait de deux fois la distance entre l'hydre et la source lumineuse, il fallait, pour obtenir l'effet primitif, augmenter de quatre fois la durée de l'éclairement.

Dans le domaine végétal, Fröschel et Blaaw avaient déjà vérifié que les courbures héliotropiques des plantes étaient commandées par la loi de Bunsen-Roscœ qui s'énonce ainsi : L'effet de l'énergierayonnante de la lumière est égal au produit de l'intensité lumineuse par la durée de l'éclairement ($e = ixt$).

3. Influence de la lumière sur les êtres vivants. *Rev. scientifique*, p. 42, 1878.

(*a*) *Rev. scientifique*, 25 juillet 1914, p. 116.
(*b*) *Centralbl. f. Physiologie*, Bd. XXVII, p. 1165; 1914.

De même chez les grenouilles décapitées, le dernier auteur observe une excitabilité réflexe plus grande du côté éclairé.

Bethe, étudiant le système nerveux du crabe, signale son phototropisme négatif.

Bohn[1], en 1905, constate qu'un petit crustacé des mares salées, l'*harpactinus fulvus*, est vivement attiré par l'ombre au moment où une eau pure vient remplacer une eau impure.

Mlle Drzewina a montré que les crabes ont tous tendance à fuir la lumière.

Pendant le jour, on peut voir les crabes (*pachigrapsus marmoratus*) se tenir dans les coins les plus obscurs de l'aquarium. La nuit, par contre, ils s'agitent en tous sens. Mais ce phénomène paraît assez complexe et n'est pas dû seulement à leur phototropisme négatif, car si on vient à jeter un voile noir sur l'aquarium, les crabes n'en gardent pas moins l'immobilité jusqu'à la nuit. On voit combien les phénomènes sont d'interprétation difficile.

Avec les diverses couleurs, on obtient aussi des réactions différentes suivants les espèces animales.

Grüber, expérimentant sur des animaux aveugles ou décapités (salamandres, lombrics), les voit chercher l'obscurité ou la lumière rouge et éviter les zones bleues.

D'après R. Dubois[2], le *proteus anguineus*, animal aveugle, vivant dans les cavernes, fuit également le bleu et le violet pour se réfugier dans le rouge.

Finsen[3] a constaté qu'il y avait une sorte d'accoutumance aux radiations chimiques ; des têtards de grenouilles élevés dans la lumière rouge s'agitent vivement dès qu'on les expose à la lumière solaire.

Passant de l'obscurité au plein soleil, les embryons de grenouilles réagissent vivement, tandis que les têtards élevés dans la lumière bleue ne sont nullement excités si on les soumet à la lumière blanche.

Les abeilles se dirigent vers le bleu, ainsi que les papillons de jour[4].

1. Travaux sur l'action de la lumière. *C. R. Soc. de Biol.*, 1904 à 1909.
2. *Loc. cit.*
3. *La photothérapie.* Paris, 1899.
4. Les Pyrophorus sont attirés par les luminescences jaunes verdâtres analogues à celles qu'ils émettent (R. Dubois).

Dans des expériences sur des vers à soie, Baudremont[1] constate que ces animaux ont une tendance nette à fuir le bleu pour rechercher de préférence le vert et surtout le rouge.

A l'obscurité, ils se tiennent tranquilles, mangeant leur mûrier ; à la lumière, ils témoignent une grande agitation. Ces phénomènes montrent nettement que les réactions photoexcitatrices des vers sont le fait d'une sensibilité spéciale, car les vers paraissent être privés de la vue.

Ils réagissent seulement par l'odorat (Vieil) ou à d'autres sensations telles que la fraîcheur, la chaleur ou un courant d'air.

Comme les animaux aveugles ou cavernicoles, les vers à soie obéissent au même phototactisme; ils sont attirés par le rouge. Sur des écrevisses, le même auteur a observé des phénomènes analogues, un phototropisme négatif pour les radiations chimiques et le même attrait pour le rouge.

Les escargots fuient aussi la lumière bleue et gagnent de préférence le rouge.

Nous voyons donc que si tous les êtres étudiés réagissent à la lumière, on peut dire d'une façon générale qu'ils fuient la lumière, si on les fait passer brusquement d'un milieu où ils vivent normalement, dans un milieu plus éclairé et que, inversement adaptés à la lumière, ils la recherchent si on les plonge dans un milieu moins éclairé. Les phototropismes positifs et négatifs semblent, par suite, assez relatifs. Nous ajouterons encore que c'est la partie chimique du spectre lumineux qui est particulièrement excitante, le rouge ne paraissant pas déterminer de phénomènes moteurs.

Certains animaux photophiles s'adaptent bien à la pleine lumière ou aux radiations réfrangibles (têtards, mollusques lamellibranches, abeilles, certains papillons, certaines annelides).

D'autres photophobes recherchent le rouge ou l'obscurité (crabes, protées, écrevisses, lombrics, vers à soie).

Action de la lumière sur les fibres musculaires. — Sur les muscles lisses, la lumière semble avoir une action directe. Brown-Séquard et Steinach[2] ont montré que, sur l'iris pigmenté

1. *Loc. cit.*
2. *Pfluger's Archiv.*, t. III, 1892.

en brun d'amphibies et de poissons, la lumière déterminait des contractions et cela même, lorsque l'organe était excisé et séparé du système nerveux.

Pour Pflüger[1], von Platon[2], Loeb[3], la lumière solaire aurait une influence continue sur le tonus musculaire qui expliquerait en partie, pour ce dernier auteur, la pathogénie du signe de Romberg dans le tabes.

Action des radiations ultra-violettes sur les animaux. — Dans la partie invisible du spectre solaire, certains êtres ont encore la propriété de traduire, par des mouvements, la perception des radiations U.V; ils peuvent subir sans dommage les radiations dites biotiques, mais si le spectre vient à s'étendre dans l'U.V. moyen comme avec les sources artificielles, des actions nocives chez la plupart d'entre-eux ne tardent pas à apparaître.

Les *fourmis* semblent rechercher la zone ultra-violette solaire, tandis que d'autres animaux, limaces, escargots, blattes la fuient (John Lubrock). J. Raybaud[4] a étudié l'action des sources artificielles de lumière ultra-violette (lampe à Hg) sur les animaux.

Les *têtards* de grenouilles, les *escargots* subissent, sans marquer de réaction motrice particulière, la lumière ultra-violette, mais ils périssent assez rapidement sous son influence; les premiers au bout de trois heures; les seconds après vingt-quatre heures d'exposition.

Musca domestica, malgré son enveloppe chitineuse, périt en trois heures, mais elle manifeste de l'inquiétude dès qu'elle subit l'action des radiations U.V.

Les *jeunes sauterelles* périssent en deux à trois jours; les adultes ne subissent aucun dommage.

Des *scarabées*, certaines *araignées* domestiques ont subi impunément pendant quinze jours l'irradiation de la lampe de quartz.

Les animaux à peau nue ne résistent généralement pas longtemps aux rayons U.V. abiotiques; par contre, ceux qui présentent un revêtement épais ont plus de chance de vivre.

Dans son action photochimique sur les tissus vivants, la

1. *Ibid.*, t. XI, p. 263, 1875.
2. *Ibid.*, t. XI, p. 292, 1875.
3. *Archiv. f. Physiol.*, 1896, Bd LXIII.
4. *C. R. Soc. de Biol.*, 1912.

lumière ultra-violette paraît agir de deux manières : 1° par des réactions directement destructives; 2° par les produits engendrés qui ont un pouvoir nocif et agissent plus lentement par diffusion ou osmose.

Pour défendre cette théorie, V. Henri[1] a fait les recherches suivantes en soumettant à la lampe à Hg des petits vers, de petits crustacés. *Il a constaté une différence très nette entre l'action de l'irradiation continue et de l'irradiation intermittente* pour un même temps total[2].

L'irradiation intermittente peut être, sur le même animal, ou bien, plus active que l'irradiation continue, ou bien, moins active suivant que les intervalles entre les irradiations sont plus ou moins grands : en effet, chez les animaux de quelques centaines de μ de diamètre, les rayons abiotiques n'agissent que sur la périphérie[3]; et les produits de réaction doivent pénétrer dans l'organisme pour y provoquer des actions nocives, mais si les intervalles d'obscurité sont suffisamment longs, la lumière intermittente agit plus faiblement que l'illumination continue, car le processus de réparation organique intervient, tendant à annuler l'effet photochimique.

Influence de la lumière sur la respiration. — Nous avons vu que la lumière semblait augmenter l'oxydation cellulaire.

Agissant sur des organismes élevés, les phénomènes observés sont difficiles à interpréter par suite des nombreux facteurs qui entrent en cause.

Molleschott[4], étudiant la production d'acide carbonique chez des grenouilles placées à la lumière et à l'obscurité, constata que l'exhalaison de CO^2 est plus grande à la lumière.

Opérant avec Fubini[5], sur le rat, pour rechercher l'influence des diverses couleurs, il constata que le rapport en prenant 100

1. *C. R. Soc. de Biol.*, 27 juillet 1912.
2. Sur les microbes (bacille coli), il n'y a aucune différence entre le rayonnement continu et le rayonnement intermittent.
3. Les rayons à grand pouvoir abiotique pénètrent de quelques millièmes de millimètre dans l'intérieur des organismes : En effet pour :

$\lambda = 2.405$, pénétration : 79μ.
$\lambda = 2.313$ — 18μ.
$\lambda = 2.144$ — 3μ,8.

4. *Wiener Med. Woch.*, 1855, t. XLIII, p. 681.
5. *Arch. ital. de Biol.*, 1891-1892, t. XVI, p. 80.

pour l'obscurité monte à 111 dans le rouge, à 137 dans la lumière blanche, à 140 dans le bleu-violet.

Par contre, Selmi, Piacentini expérimentant sur la tourterelle, le chien, la poule, arrivent aux résultats suivants :

La production de CO^2 est minima dans le violet et l'obscurité. De même Pott, avec la souris, constate que CO^2 augmente dans le vert et le jaune, et diminue dans le violet et l'obscurité.

Pour éviter l'objection que les mouvements actifs de ces divers animaux exposés à la lumière faussent les résultats (Loeb), Chassanovitz [1] sectionne la moelle des grenouilles et arrive aux conclusions premières de Molleschott. Il dit que les mouvements actifs ne sont pour rien dans l'augmentation de CO^2 à la lumière.

D'après ces diverses recherches, nous voyons la complexité du problème.

La présence du système nerveux, en effet, modifie toujours les réactions.

Si la lumière paraît augmenter les échanges respiratoires, c'est qu'elle agit comme un excitant sensoriel.

Le fait de passer de l'obscurité à la lumière multiplie la fréquence des respirations, d'où exhalaison plus considérable de CO^2.

Les radiations chimiques n'ont aucun rôle particulier (Speck [2], S. Loeb).

Lorsqu'on veut éliminer divers facteurs, en crevant les yeux des animaux, en sectionnant la moelle, en les dépouillant de leur peau, de leurs poumons, etc. (Molleschott, Fubini), les processus irritatifs, produits par les multiples traumatismes, les mettent dans des conditions tellement anormales que le problème se complique encore.

En évitant toute réaction motrice de se produire, Weiss [3], par des expériences précises, a montré récemment que le chimisme respiratoire de la grenouille, immobilisée par le curare, n'est pas modifié sous l'influence de la lumière.

La quantité d'acide carbonique exhalée reste sensiblement la même à la lumière et à l'obscurité.

1. *Ueber den einfluss des Lichtes Auff. Die Kohlensaine dissertation.* Kœnigsberg, 1872.

2. *Physiologie des Meuschlichen Atmens.* Leipzig, 1895.

3. Echanges gazeux de la grenouille. Action de la lumière. *C. R. Soc. de Biol.*, 1908, t. LXIV, p. 391.

Action de la lumière sur la nutrition. — Sous l'action de l'excitant lumineux, il se produit un accroissement de la nutrition et plus particulièrement une fixation des aliments azotés.

Yung ayant abandonné des têtards placés dans des vases diversements colorés jusqu'à ce qu'il mourussent de faim, constata que ceux soumis à la lumière violette mouraient les premiers.

Il en conclut que la lumière violette, augmentant leur activité, leur faisait consommer plus rapidement leurs réserves.

Bidder et Schmidt[1], soumettant des chats au jeûne, trouvent que la diminution de poids était plus accusée pendant le jour que pendant la nuit.

Borrissof, expérimentant avec des chiens de même poids et de même couleur, en met deux dans l'obscurité et deux à la lumière. Il constate que ceux soumis à la lumière ont un appétit plus grand et diminuent de poids la première semaine, mais se rattrapent vite et, au bout d'un mois, ils pèsent 220 grammes de plus que ceux placés dans l'obscurité.

Sous l'influence de la lumière, les échanges nutritifs ont augmenté; il y a eu d'abord désassimilation, puis l'assimilation l'a emporté ensuite sur la dénutrition.

A côté de son action stimulante, d'ordre sensoriel, la radiation solaire totale agit par ses propriétés calorifiques; nous verrons plus loin qu'elle donne, dans ce cas, lieu à des interprétations un peu différentes.

Action de la lumière sur le sang. — Lumière solaire. — Nous avons dit le pouvoir absorbant intense de l'hémoglobine pour les radiations solaires.

Le sang artériel, examiné sous faible dilution (1/1.000 sous épaisseur de 1 centimètre) au spectroscope, présente le spectre de l'oxyhémoglobine, caractérisé par une absorption de toute la portion violette et l'existence de deux bandes d'absorption très nette, dans le jaune et le commencement du vert entre la raie D et la raie E.

Lorsque la dilution augmente de concentration 3,7/1.000, les régions violette, indigo et la moitié de la région bleue sont absorbées.

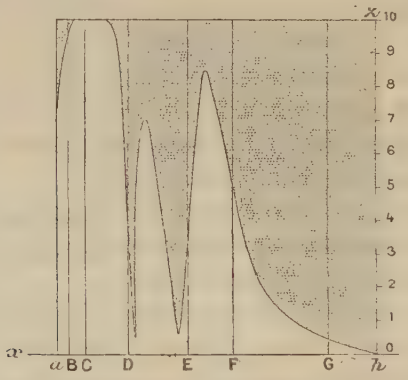
1. Leipzig, 1852, p. 317.

Pour 6,5/1.000 d'oxyhémoglobine, toute la région bleue, indigo et violette à partir de la raie F est absorbée; les deux bandes entre D et E se confondent.

Enfin, si la dilution renferme 8,5/1.000 d'oxyhémoglobine, on constate une absorption totale de toute la région du spectre, depuis l'orangé jusqu'au violet, et de toute la région extra-rouge; seuls, le rouge et le rouge orangé, ne sont pas absorbés.

Il était important de signaler ces détails, car on répète fréquemment que l'oxyhémoglobine est caractérisée par un spectre à deux bandes, comprises entre les raies D et E du spectre solaire, ce qui est vrai pour de très faibles dilutions.

Dès que la concentration augmente, tout le spectre s'éteint



16 F6. — Tableau représentant les spectres d'absorption d'une solution d'oxyhémoglobine examinée sous une épaisseur de 1 centimètre. — B, C, D..., sont les raies du spectre solaire. Sur l'ordonnée *hz* on a indiqué les teneurs en oxyhémoglobine de la solution examinée. Pour avoir le spectre d'absorption d'une solution d'oxyhémoglobine contenant *n* pour 1.000 de pigment dissous, il suffit, par la division *n* de l'ordonnée *hz* de mener la parallèle à *xh*. (Cliché dû à l'obligeance de la Maison Masson et Cie.)

sauf la région rouge; à plus forte raison dans le sang circulant contenant une proportion de 12 à 15 grammes d'hémoglobine pour 100 grammes de sang humain.

On voit qu'il est difficile d'admettre déjà la pénétration, dans la profondeur des tissus, des radiations autres que le rouge; nous verrons plus loin l'importance de ces considérations.

La figure 6 indique la marche progressive de l'absorption pour des dilutions croissantes.

Dans le sang veineux très dilué, les deux bandes de l'oxyhémoglobine se sont réunies pour ne former qu'une seule bande d'hémoglobine réduite.

In vivo, Marty et Meyer, ayant placé des rats à une forte lumière, ont trouvé une augmentation du nombre des globules rouges et de la quantité d'hémoglobine.

L'obscurité, par contre, déterminerait un abaissement de l'un et de l'autre.

Graffenberg observe des phénomènes analogues chez le lapin.

Par contre, Schœnenberger trouve une augmentation des hématies et de l'hémoglobine à l'ombre.

Quant à Borrissoff, il ne constate à la lumière aucune modification des érythrocytes et de l'hémoglobine.

Quincke, *in vitro*, a signalé, sous l'action de la lumière, une augmentation de la vitesse de réduction de l'hémoglobine. Le spectre de l'oxyhémoglobine disparaîtrait plus rapidement à la lumière qu'à l'obscurité.

« S'ensuit-il, comme l'admet Quincke, que les processus d'oxydation dans les tissus doivent subir un accroissement sous l'action de la lumière? S'il est démontré que l'hémoglobine est modifiée par la lumière *in vitro*, rien ne prouve, semble-t-il, qu'il en soit ainsi pour le sang dans les vaisseaux. » (Zimmern)[1].

Action des rayons ultra-violets sur le sang. — Sous l'influence des rayons ultra-violets des sources artificielles (lampe Hg), l'oxyhémoglobine se transforme en un isomère, la méthémoglobine[2], combinaison oxygénée très stable à l'inverse de l'oxyhémoglobine (Bordier et Nogier[3], Hasselbach[4]).

Sous une action prolongée de la lumière ultra-violette, la méthémoglobine se transforme en hématine en présence d'oxygène, puis l'hématine est réduite finalement en hémochromogène.

Dans l'obscurité, l'hémochromogène fixe de l'oxygène et de rouge devient brune.

Ces phénomènes sont observés avec des radiations de longueur d'onde 3.100 A.

Sur les éléments figurés, les rayons ultra-violets déterminent des altérations.

1. *Loc. cit.*
2. Spectre formé de trois bandes, l'une entre C et D; les deux autres analogues à l'oxyhémoglobine.
3. *Archiv. d'Electr. méd.*, 25 janvier 1909 et 10 mai 1908.
4. *Ibid.*, 10 mars 1910.

Les globules rouges sont déformés, crénelés; leur couleur modifiée (Bordier et Horan).

Ce sont les longueurs d'onde inférieures à 3.100 qui agissent le mieux, quoique l'action des rayons visibles soit encore très appréciable (Hasselbach).

Les rayons ultra-violets inférieurs à 3.021 ont la propriété de fixer le sang et d'empêcher l'hémolyse (V. Henri)[1].

Sous la lumière ultra-violette, le protoplasma des globules blancs devient granuleux et présente des points brillants, indices d'un commencement de coagulation.

Action sur le sérum et les anticorps. — C'est surtout l'action des radiations ultra-violettes qui a été recherchée. V. Baroni et Jonesco Mihaiesti[2] ont particulièrement bien étudié cette question : ils ont exposé, aux rayonnements U. V., des dilutions de sérum frais en boîte de Petri. Ils ont constaté la destruction des principes actifs des sérums normaux et préparés; à savoir la disparition du pouvoir alexique en une minute, du pouvoir lytique en cinq à six minutes, la perte des anticorps coagulants (agglutinines en trente-deux minutes, antitoxines en deux heures et demie) et des anticorps immunisants en quarante-cinq minutes.

Ce sérum, quoique rendu non toxique par irradiation, conserve encore sa propriété « antisensibilisine » (Besredka), c'est-à-dire qu'il peut être précipité par un sérum *anti*.

Après cinq heures, cette propriété disparaît.

Le sérum frais de cheval perd sa toxicité pour les animaux anaphylactisés vis-à-vis de ce sérum même.

Il y a également destruction des substances antitryptiques du sérum humain.

Le pouvoir sensibilisogène du sérum n'est jamais complètement détruit.

Le sérum antituberculeux perd de même son pouvoir précipitogène après quinze à vingt minutes d'irradiation.

Le sérum antidiphtérique, après quarante-cinq minutes d'exposition, n'immunise plus le cobaye.

Le sérum anticholérique ne fixe plus l'alexine et ne produit plus de bactériolyse en présence du vibrion cholérique.

1. *C. R. A. S.*, 14 mars 1910.
2. *C. R. Soc. de Biol.*, 5 mars 1910.

La réaction de Wassermann perd de sa netteté et ne répond plus à la loi de Bordet-Gengou (Breton).

Les réactions nocives intenses, qui se manifestent sur les éléments figurés du sang et sur les sérums, se sont produites, *in vitro*, sous un rayonnement riche en ultra-violet moyen, 3.000 A. et 2.225 A. Quoique très actif, ce rayonnement n'a pas d'influence sur le sang dans les vaisseaux. Son faible pouvoir de pénétration à travers les téguments fait qu'il n'agit que là où il est absorbé, c'est-à-dire très superficiellement, assez cependant pour déterminer des réactions cutanées.

Par contre, le spectre solaire présente seulement une gamme ultra-violette ordinaire, 4.000 A. à 3.000 A., peu pénétrante sans doute, comme nous allons le voir, mais capable cependant d'être absorbée par les capillaires les plus superficiels de la peau. Ces radiations ne sont peut-être pas inoffensives à la longue, puisque, *in vitro* du moins, elles déterminent des altérations sanguines à partir de 3.100 A. (Hasselbach). Le tégument paraît d'ailleurs en ménager l'effet par la pigmentation.

Quant aux radiations de plus grandes longueurs d'onde, ont-elles une action chimique directe et sont-elles bienfaisantes? Nous ne pouvons faire ici que des hypothèses.

Le sang présente-t-il quelque propriété catalysante analogue à celle de la chlorophylle et lui permettant de transformer et d'utiliser l'énergie vibratoire de la lumière?

C'est ce que nous dira peut-être un jour la photochimie biologique. Dès maintenant, cependant, les quelques faits intéressants suivants nous indiquent dans quel sens les biologistes doivent orienter leurs recherches.

Rôle catalysant de certaines substances vis-à-vis des radiations lumineuses. — Nous avons vu que, pour qu'un phénomène de luminescence prenne naissance, il faut que la radiation incidente soit d'une fréquence vibratoire supérieure aux radiations émises par le corps excité. Les radiations ultra-violettes sont les plus aptes à provoquer ce phénomène, mais d'autres vibrations du spectre lumineux peuvent l'engendrer et on a même basé sur ce principe la fabrication de certaines plaques photographiques qui deviennent ainsi sensibles aux rayons jaunes avec l'érythrosine, aux rayons orangés et rouges avec la cyanine.

Haussmann aurait trouvé aussi, dans l'organisme, des substances fluorescentes, capables de sensibiliser les tissus à l'action de la lumière : tels les pigments biliaires et l'hématoporphyrine (substance intermédiaire entre le pigment sanguin et le pigment biliaire).

Perutz[1] aurait observé qu'au cours de certaines dermatoses, causées par la lumière, l'hématoporphyrinurie était constante. Expérimentalement, en provoquant la formation d'hématoporphyrine par ingestion de sulfonal, il favorisait chez le lapin la production d'*hydroa estival*, après irradiation de l'ultra-violet.

Wedding[2], en 1899, décrivit un érythème vésiculeux chez le bœuf et les brebis exposés au soleil.

Les régions non pigmentées étaient seules atteintes. Ces animaux étaient nourris de sarrazin et Busk mit en évidence dans cette plante une substance fluorescente, la *fluorophylle*.

On a voulu baser sur ce pouvoir photodynamique des substances fluorescentes, une méthode thérapeutique. Dreyer[3] et Mettler auraient obtenus une activation du pouvoir bactéricide de la lumière, en mettant les cultures en contact avec des corps fluorescents (érythrosine), vingt-cinq minutes suffisaient à détruire une culture de prodigiosus dans une solution sensibilisée par 1/4000 d'érythrosine, tandis que dans une solution non sensibilisée, il fallait plus de neuf heures pour obtenir le même résultat avec la même intensité lumineuse.

Tappeiner a constaté aussi que les diastases et les toxines (diphtériques) étaient atténuées par la lumière en présence de substances fluorescentes.

On peut même faire supporter aux animaux des doses mortelles de toxines diphtériques si, au préalable, on leur injecte de l'éosine ou du bleu de méthylène.

Injectant de l'éosine dans l'oreille d'un lapin, Dreyer aurait constaté un violent œdème avec dilatation vasculaire sous l'influence de la lumière solaire.

Pour la pratique thérapeutique, Dreyer sensibilise les tissus au moyen d'injections sous-cutanées d'érythrosine à 1/1.000.

Cette méthode ne paraît pas avoir donné tous les résultats

1. Ueber Die Antagonische Wirkung des Photodynasischen sensibilisators Auf.; ultra-violets Licht. *Wien. klin. Woch.*, 1912, n° 2.
2. *Verhand der Berlin. ges. f. Anthropologie*, 1899, p. 167.
3. Ueber den Einfluss des Lichtes auf Tierische Gewele u. sensibilisirung, *Mitteilung ans Finsen's med. Licht Inst.*, t. IX, p. 180, 1905.

cliniques promis par l'expérimentation. Elle ne donne pas mieux que la méthode photothérapique simple. Tappeiner[1] et Jesionek traitent les lupus, les ulcérations cancéreuses par des badigeonnages d'éosine, le malade est ensuite exposé à la lumière solaire ou à la lampe de Finsen; une accélération du processus curatif aurait été observée.

Les principes de ces méthodes sont, en définitif, assez difficiles à interpréter.

« Car le seul argument qui se concilie avec nos connaissances photobiologiques est que la dégradation de l'énergie actinique du spectre en fluorescence engendre des radiations d'un pouvoir de pénétration plus élevée » (Zimmern).

Nous pouvons, dans une certaine mesure, comprendre ainsi que des radiations de courtes longueurs d'onde ultra-violettes engendrent par la fluorescence des radiations de plus grandes longueurs d'onde qui agiront plus profondément. On peut même admettre que la transformation d'une radiation à grand potentiel vibratoire en une autre radiation à fréquence moins rapide libère une certaine énergie chimique.

Mais il est impossible de croire qu'une radiation jaune ou rouge, par exemple, puisse provoquer une émission lumineuse d'un pouvoir chimique plus grand.

Toutes ces questions sont d'ailleurs subordonnées à la pénétration des téguments par les radiations; aussi, est-il capital d'être fixé sur ce point.

DANS QUELLE MESURE SE FAIT LA PÉNÉTRATION DES TÉGUMENTS PAR LES DIFFÉRENTES RADIATIONS SOLAIRES ?

Une loi générale fixe le rôle biologique des radiations : celles-ci n'ont d'action, ou en d'autres termes d'effets biochimiques, qu'autant qu'elles sont absorbées par les tissus.

Les radiations n'agissent que là où elles sont retenues.

Dans quelles mesures pénètrent-elles?

Il est d'observation courante que la lumière traverse les tissus; fermant la main sur une lampe à incandescence, nous voyons la lumière filtrer au travers et nous apparaître en rouge.

1. Uber die Wirkung fluoreszierender Stoffe. *Munch. Med. Woch.*, t. LXVIII, p. 1810, 1901.

Une ampoule électrique introduite dans la bouche illumine le massif facial.

En 1895, Onimus[1] avait pu au travers de la main, à l'aide des rayons solaires, impressionner une plaque photographique.

Gottheil et Franklin, utilisant la lumière d'une lampe électrique de 60 amp., auraient obtenu une épreuve photographique à travers une épaule d'une épaisseur de 16 centimètres au bout de vingt minutes de pose, à travers un bras de 10 centimètres de diamètre après dix minutes. Ils auraient même réussi à faire passer la lumière à travers tout l'abdomen d'un adulte, de manière à impressionner, après trente minutes, une plaque appliquée sur la région lombaire.

Le Dr Malgat serait parvenu à produire la réduction des sels d'argent à travers l'épaisseur du thorax.

Solucha, introduisant sous la peau d'un chien de petits tubes de verre contenant du gélatino-bromure d'argent, voyait la décomposition des sels s'opérer après une demi-heure de pose, sous l'irradiation d'une lampe à arc.

Si les tubes étaient enfouis dans l'épaisseur des tissus musculaires, la réaction ne se faisait pas.

Enfin, Gunni Busk[2], opérant dans des conditions particulièrement rigoureuses, permettant d'éliminer toute cause d'erreur, n'est pas parvenu à contrôler les expériences de Gottheil et Franklin. Si, utilisant l'appareil de Finsen et son compresseur, il obtenait la réduction des sels d'argent, en une seconde à travers le milieu de la main (2cm,8), en trois minutes au travers de l'éminence thénar épaisse de 3cm,4, en quatre minutes au travers du poignet épais de 3cm,7.

En revanche, les résultats restèrent toujours négatifs pour l'avant-bras, dont l'épaisseur était de 5cm,8 après une exposition de trente minutes. Il exclut donc la possibilité de faire traverser la lumière à travers des parties du corps plus volumineuses.

Avec de la lumière solaire concentrée, il obtint à travers la main, épaisse de 2cm,8, un effet positif en dix secondes.

Dans toutes ses expériences Busk avait utilisé des plaques isochromatiques sensibles aux rayons rouges.

Comment peut-on expliquer la contradiction qui existe entre

1. *Soc. de Biol.*, 26 octobre 1895.
2. *Mitteilungen ans Finsen's Licht Institut*, 1903, H. 4.

les résultats des expériences de Gunni Busk et celles de Gottheil et Franklin?

Nous rappellerons que la division que l'on fait en rayons chimiques (U. V.), rayons lumineux, rayons thermiques est absolument schématique.

Ces dénominations n'ont d'autre signification que celles d'indiquer la propriété prédominante des différentes vibrations de l'éther; ainsi les rayons chimiques ont une faible action calorifique, les rayons rouges une faible action chimique et par suite de leur grand pouvoir de pénétration ils peuvent, pour une exposition suffisante, agir par leur propriété chimique et influencer la plaque photographique. Gunni Busk, complétant ses expériences, nous apprend, en effet, que si l'on peut encore percevoir les rayons orangés à travers une épaisseur de 3 centimètres de tissus au niveau de l'avant-bras, les rayons les plus réfrangibles bleus-violets n'ont aucune action dans la profondeur. Deux expériences le prouvent :

1° Une plaque isochromatique est appliquée contre la face dorsale de la main gauche épaisse de $2^{cm},8$, la face palmaire éclairée pendant cinq secondes à travers une solution de bichromate de potasse à 15 p. 100 (ne laissant passer que des rayons rouges, oranges et jaunes); au développement, on trouve un effet positif net.

Si on substitue au bichromate une solution d'oxyde de cuivre ammoniacale, ne laissant passer que les rayons bleus-violets, le résultat est négatif. Winkler, utilisant également des plaques très sensibles, arrive aux conclusions de Busk.

Pour déterminer, d'une façon précise, la pénétration en profondeur, les recherches par la méthode spectrographique étaient nécessaires :

Freund[1], ayant fait choix d'une source lumineuse puissante, examinait la transparence des lambeaux épidermiques frais, provenant de phlyctènes de brulûres, de bulles de pemphigus, de lambeaux épidermiques de Thierch, comparant les épreuves spectrographiques obtenues avant et après l'interposition du fragment épidermique, il observait que la transmission de l'U. V. s'arrêtait à λ 3.260 A. (l'U. V. solaire ayant pour limite 3.000 A.).

1. Beit. z. durchlassigkeit f. Licht Inder. épidermis. *Arch. f. Dermat. a. syph.*, t. LVIII, 1901; *Wiener klin. Woch.*, 1er février 1912.

Jansen[1] arrivait à des résultats analogues.

Vignard et Nogier[2] montrent qu'à travers une épaisseur de 1 millimètre de peau, il ne filtre que des radiations de longueur d'onde plus grande que 3.660 A. Sous une épaisseur de $2^{mm},5$, il ne filtre que des rayons de longueur d'onde plus grande que 4.358 A., correspondants à la couleur indigo-violet du spectre.

« Il est étrange, dit Nogier, que l'on parle d'action profonde de l'ultra-violet en photothérapie, du moins. »

Gunni Busk, opérant à l'aide d'une lampe de 70 ampères dont les rayons étaient dirigés sur un spectroscope, constate qu'à travers une oreille de lapin toutes les couleurs du spectre étaient visibles (2 millimètres environ); à travers deux oreilles les rayons bleus-violets disparaissaient, tandis que les rayons verts, jaunes et rouges pénétraient. Trois oreilles arrêtaient les rayons verts; pour quatre on n'observait plus que la partie rouge du spectre.

Tels étaient les résultats qualitatifs.

Opérant quantitativement, *le même auteur* a trouvé qu'il passe à travers 2 millimètres de tissu représenté par une oreille de lapin exsangue :

Rayons infra-rouges	23 p. 100
Rayons jaunes-rouges	21 —
Rayons bleus-violets	1 —

Gunni Busk conclut que la courbe de faculté de pénétration des différents rayons à travers une oreille de lapin anémiée et, par conséquent, probablement à travers la plupart des tissus animaux, monte à partir des rayons ultra-violets où le pouvoir pénétrant est très faible, atteint la partie colorée du spectre et se continue dans la partie infra-rouge où se trouve le maximum de capacité de pénétration des rayons.

Dans la partie extrême du spectre infra-rouge la courbe tombe brusquement.

Les recherches d'Hasselbach nous apprennent que pour les rayons U. V. de λ 436 à 313 une épaisseur de peau de $0^{mm},1$ laisse passer 30 à 50 p. 100 du faisceau incident, que $0^{mm},5$ ne laisse plus pénétrer que 3 à 7 p. 100 et que 1 millimètre n'est plus perméable qu'à 1/2 p. 100 des rayons initiaux.

1. Zur therapie der. Kehlkopf, tuberkulose. *Deutsch. Med. Woch.*, 1909, n° 19.
2. *Soc. de Chir. de Lyon*, 18 janvier 1912.

Pour des épaisseurs plus considérables, les quantités de lumière qui pénètrent sont réellement infimes : Lenkei[1], en 1907, recherchant la quantité de lumière solaire restante après le passage à travers 1/2 centimètre de tissus, la trouve égale à 1 p. 100 du faisceau initial.

85 p. 100 de cette lumière restante se composaient de rayons jaunes et partiellement verts, et 5 p. 100 de rayons bleus. S'il n'y avait pas d'interposition musculaire ces derniers rayons bleus pénétraient un peu plus profondément, jusqu'à 3 centimètres.

Enfin, une petite partie de lumière, capable d'agir sur des plaques photographiques ordinaires, pénètre encore dans les tissus jusqu'à 5 à 6 centimètres, même s'il y a des couches musculaires interposées, mais la lumière, à cette profondeur, consiste surtout en rayons jaunes.

Pour Lenkei, les rayons rouges pénétreraient encore à une plus grande profondeur, les tissus absorbant surtout les rayons dont la longueur d'onde est moindre.

Ces données physiques devaient être complétées par la réponse à une question qui prime ici toutes les autres. Jusqu'à quelle profondeur se conserve l'action bactéricide des radiations?

Nagelschmidt, inoculant sous la peau d'un cobaye des cultures virulentes de bacilles de Koch et exposant l'animal aux radiations d'une lampe à arc, empêchait toute lésion tuberculeuse de se produire, tandis qu'un cobaye, témoin, non irradié était tuberculisé.

Finsen, avec les puissantes radiations de la lampe arc, a montré que la destruction microbienne pouvait être obtenue à travers l'oreille d'un lapin (dont on avait chassé le sang par la compression), moyennant une exposition de trois quarts d'heure.

Enfin, Jansen[2], ayant superposé des lambeaux de peau de souris et de cobaye pour avoir des épaisseurs croissantes depuis $0^{mm},1$ jusqu'à 4 millimètres, constata qu'à une profondeur de 4 millimètres, une culture de *prodigiosus* pouvait être atténuée et qu'au-dessous de $1^{mm},5$, elle était régulièrement détruite.

1. *Zeitsch. f. Phys. Therapie*, Bd. IX, H. 4, 1904; Bd. IV, H. 14, 1905; Bd. VIII, H. 11, 1905; Bd. X, H. 3, 1907.
2. *Mitteilungen ans. Finsen's Mediz. Licht. Institut*, 1903, II. 4.

A l'exposé des faits précités, démontrant le faible pouvoir d'action des radiations ultra-violettes, le peu de pénétration des radiations violettes et bleues, atteignant seulement 3 centimètres, lorsqu'il n'y a pas d'interposition musculaire, nous devons ajouter deux autres facteurs, faisant obstacle à la pénétration des radiations actives : c'est, d'une part, l'écran sanguin[1] qui arrête les radiations violettes et bleues d'une façon absolue, nécessitant, comme on le sait, la compression dans le traitement du lupus; c'est surtout le dépôt pigmentaire, phénomène si recherché en héliothérapie, dont le pouvoir absorbant considérable transforme les radiations lumineuses en radiations calorifiques.

Des faits expérimentaux signalés, nous serons donc amenés à restreindre considérablement le rôle des radiations les plus réfrangibles du spectre et à accorder aux radiations de grande longueur d'onde le facteur important, en héliothérapie du moins. En effet, les radiations bactéricides proprement dites, seules efficaces expérimentalement à petite profondeur, agiront d'autant moins sur les microbes et en particulier sur les bacilles de Koch, que ceux-ci se trouvent mieux protégés contre la dessiccation, placés dans un milieu nutritif favorable et séparés de leur action destructive par un écran de tissus riches en colloïdes.

Nous nous expliquerions mal, en outre, que ces radiations frappent électivement les microbes inclus dans les tissus, respectant ceux-ci, détruisant ceux-là; aucune expérience décisive, d'ailleurs, n'étant venue confirmer cette hypothèse.

Nous en arrivons à attribuer aux seules radiations de grandes longueurs d'onde, rouges et infra-rouges, non bactéricides, le rôle curateur principal.

ACTION DE LA LUMIÈRE SUR L'ORGANISME HUMAIN

Généralités. — La lumière, avait déjà dit Hautrive, il y a près d'un siècle, est pour l'homme un puissant stimulateur dont il ne peut être longtemps privé sans que sa santé n'en éprouve une altération profonde.

Son action excitante met en jeu toutes les propriétés vitales. Elle réveille l'action des organes des sens et leur donne une

1. Voir plus haut : *Action des radiations sur le sang.*

nouvelle énergie. Elle accélère la respiration et la circulation. La chaleur du corps en est augmentée. Les sécrétions en sont plus abondantes.

En un mot, sous l'empire de la lumière, toutes les fonctions nutritives s'exercent avec force et liberté.

Cet état de mouvement organique nous fait éprouver je ne sais quel sentiment de bien-être qui constitue la santé.

Suivant la nature et l'intensité des radiations qui viennent frapper les téguments, des réactions défensives ou régulatrices apparaissent qui tendent à rétablir l'équilibre organique un instant troublé par le rayonnement.

Tous les phénomènes que nous allons étudier ne sont, en somme, que des processus d'adaptation à l'ondulation lumineuse.

Deux propriétés de la lumière agissent sur les téguments :

1° Les *propriétés dites chimiques*, représentées, d'une part, par les radiations ultra-violettes dont le rôle est très restreint par suite de leur très faible pouvoir de pénétration diminuée encore par la pigmentation ; d'autre part, les rayons visibles, surtout bleus et violets, pénétrant plus profondément les tissus anémiés, mais qui sont très vite amortis s'il existe un écran sanguin, ce qui est le cas habituel en héliothérapie [1].

2° Les *propriétés calorifiques* que possèdent surtout les radiations peu réfrangibles tels que le rouge et l'infra-rouge. Elles seules pénètrent profondément et provoquent des réactions organiques nombreuses ; ce sont surtout ces radiations qui ont un rôle important en héliothérapie.

Une expérience de Moeller nous rend compte de cette action profonde des rayons calorifiques :

Cet auteur, exposant la tête d'un chien à une source lumineuse privée de ses radiations les plus réfrangibles et réduites aux radiations de grandes longueurs d'onde, voyait apparaître des désordres organiques assez intenses pour amener la mort de l'animal [2].

1. Il n'est pas impossible, comme nous l'avons vu, que ces rayons bleus et violets aient une action biochimique toute superficielle sur le sang.

2. Vallin signale aussi les désordres graves provoqués par l'action de la chaleur solaire chez le chien : Elévation de température de 39°,5 à 42 ou 43 degrés. Accélération de la respiration (200 par minute), agitation ; à cette phase succède une période de prostration avec ralentissement de la respiration (80 à 60 par minute), puis une troisième période terminale apparaît, annoncée par des convulsions, la température atteint 44 et 46 degrés au moment de la mort.

Effets de la lumière solaire sur la peau.

Lorsqu'une région découverte du tégument est soumise à des insolations répétées, elle se pigmente. Si cette insolation est brutale et que le sujet ne soit pas adapté, on observe un *érythème* ou *coup de soleil*. Si l'insolation est progressive, la pigmentation apparaît peu à peu sans réaction inflammatoire manifeste. Une fois pigmentée, la peau peut impunément être exposée aux radiations solaires.

Erythème solaire. — Cet accident se produit fréquemment lors des journées ensoleillées et s'observe de préférence au voisinage des surfaces réfléchissantes, tels que champs de neige dans les montagnes, étendue d'eau, parfois même murs blancs. L'érythème est rare sur les mains, exposées fréquemment à la lumière et protégées par une pigmentation persistante. Il s'observe de préférence sur la face, la nuque, les jambes, et au cours de l'héliothérapie sur les régions habituellement couvertes.

Le coup de soleil présente les stades suivants, bien étudiés par Miramond de Laroquette : C'est d'abord un érythème primaire léger, accompagné d'un peu de sudation; il apparaît après quinze à vingt minutes d'exposition au soleil et disparaît après la séance. Il ne se produit que si la température dépasse 30 à 35 degrés, c'est un érythème de chaleur.

Vers la deuxième heure qui suit l'exposition au soleil, apparaît l'érythème secondaire (érythème photochimique) plus marqué vers la quatrième heure et atteignant son maximum vers la douzième heure. Il est caractérisé par une teinte rouge que fait disparaître la pression du doigt; il s'accompagne de douleurs spontanées et de douleurs provoquées.

Vingt-quatre heures plus tard, un piqueté hémorragique apparaît; la coloration rouge est plus sombre, presque lie de vin, et la pression du doigt ne la fait plus disparaître.

« A la vaso-dilatation a fait suite une extravasation sanguine. Il y a hémolyse et l'hémoglobine a imbibé les premiers plans du derme » (M. de Laroquette).

Les jours suivants, l'érythème s'atténue, une fine desquamation se produit et la pigmentation apparaît. Parfois l'érythème aboutit à la phlycténisation.

Si l'insolation est très intense, de l'œdème accompagne la plaque d'érythème.

Avec les sources de lumière artificielle, l'évolution présente les mêmes stades, mais la réaction peut être beaucoup plus forte et aller jusqu'à la nécrose superficielle de l'épiderme.

Lésions histologiques. — Les lésions histologiques ont été bien étudiées par Leredde et Pautrier[1].

Chez un sujet atteint, au niveau de l'épaule, d'un violent érythème, ces auteurs ont observé des lésions affectant principalement l'épiderme : exfoliation par place de la couche cornée, état spongoïde du corps muqueux avec accroissement des espaces intercellulaires, présence de quelques cellules à l'état cavitaire de Leloir, figures de karyokinèse dans la couche basale beaucoup plus nombreuses qu'à l'état normal; infiltration œdémateuse avec nombreux éléments cellulaires; vasodilatation marquée et légère dissociation des faisceaux conjonctifs.

Pigmentation. — Caractère de la pigmentation. — L'érythème représente en quelque sorte la forme aiguë des accidents locaux. Il peut, dans une certaine mesure, être considéré comme le premier moyen de défense contre l'action trop intense des radiations solaires, la présence d'un écran rouge absorbant toutes les radiations chimiques.

La pigmentation qui lui succède peut être regardée comme un état chronique, qui persiste tant que les téguments sont exposés à l'agent irritant.

Les sujets pigmentés ne prennent plus le coup de soleil.

Les marins, les montagnards peuvent sans danger s'exposer aux ardeurs de ces rayons.

L'établissement de la pigmentation peut être progressif, sans érythème nettement manifesté. Pour des irradiations progressivement croissantes, le dépôt pigmentaire s'exagère, et la coloration de la peau peut aller du simple hâle jusqu'à la teinte la plus bronzée. Chez le nègre, le pigment représente un processus d'adaptation fixé par l'hérédité.

Les chevaux et les bêtes à corne peuvent être atteints du

1. *Loc. cit.*

coup de soleil, mais seulement au niveau des parties claires de leur robe.

Histologie de la pigmentation. — Origine des cellules pigmentaires et du pigment. — Le siège de la production du pigment semble être dans les cellules les plus profondes de l'épiderme. Le processus intime qui le produit est l'un des plus controversé de l'histologie.

Comme l'indique M^lle^ Asvadourova[1] le problème est celui-ci :

Ou bien les cellules épidermiques fabriquent elles-mêmes leur pigment, soit directement aux dépens de l'hémoglobine[2] ou même indépendamment de cette matière première (elles peuvent par conséquent être considérées comme de vraies cellules pigmentaires ou chromatocytes).

Ou bien le pigment leur vient tout formé du dehors, du derme par exemple, et leur est cédé par les véritables chromatocytes sous-jacents à l'épiderme, qui ont pénétré secondairement dans cette assise; en ce cas, les cellules épidermiques ne seraient plus que des éléments en quelque sorte passivement pigmentés.

Le pigment épidermique est-il autochtone ou exogène?

Origine autochtone. — Carnot et Deflandre (1896) ont fait, sur divers mammifères, des expériences de transplantation de peau noire sur peau blanche; les lambeaux transplantés conservent leur couleur; dans la peau, il se forme de nouvelles cellules épidermiques[3].

Schwalbe (1892), Loeb (1899), Winkler (1910), à la suite des expériences analogues, arrivent aux mêmes résultats; ils concluent que les cellules pigmentaires épidermiques naissent dans l'épiderme même.

Certains auteurs admettent l'existence de cellules chromogènes spéciales, chargées d'élaborer le pigment : elles possèdent un corps central et envoient des prolongements dendritiques entre les cellules de Malpighi. Chaque ramification se termine par une sorte de calotte qui coiffe une cellule épithéliale. Ces cellules

1. *Th. de Paris*, 1913.

2. Nous avons vu que l'érythème présentait, à une certaine phase, un piqueté hémorragique et qu'il y avait vaso-dilatation des capillaires; et de fait, la compression (Finsen), en empêchant l'érythème, retarde le développement de la pigmentation.

3. Pour Carnot, le pigment est formé aux dépens de corps solubles dans l'organisme, directement dans les cellules épithéliales ou conjonctives.

spéciales ne se colorent que sous l'influence d'agents irritants comme la lumière.

Les calottes chargées alors de pigments constituent réellement des éteignoirs (Borrel), protecteurs des cellules épidermiques.

Grund (1905), soumettant des animaux à un éclairage intense voit la peau se pigmenter; il conclut également que c'est l'épiderme qui forme lui-même son pigment, amassé en une coiffe nucléaire qui regarde la surface de la peau; pour lui, les chromatophores intra-épidermiques sont d'origine épidermique et ne sont pas des éléments conjonctifs immergés.

Kromayer, Unna, etc., partagent la même opinion, mais expliquent la localisation du pigment d'une façon un peu particulière : Kromayer (1893-1897) admet que le pigment est dû à la dégénérescence des fibrilles protoplasmiques épidermiques; il veut dire par là que les cellules épidermiques sont les chromatophores de l'épiderme.

Origine exogène. — D'après cette opinion, des cellules soit déjà pigmentées, soit en puissance de pigmentation, pénètrent du derme dans l'épiderme et cèdent leur pigment aux cellules épidermiques qui, par conséquent, ne sont pigmentées que secondairement et passivement.

Suivant les auteurs, ces cellules immigrantes sont, ou bien des leucocytes ou bien des cellules conjonctives banales, ou bien des cellules mésenchymateuses spécifiques.

Karg (1888), a fait des expériences de transplantation analogues à celles de Loeb, Carnot et Deflandre, mais est arrivé à une conclusion opposée; transplantant de la peau de blanc sur le nègre, il a vu que la peau greffée se pigmente par des chromatophores immigrés dans l'épiderme. Enfin, certains auteurs, Caspary (1891), ont une opinion moins exclusive, et les deux origines autochtone et exogène ont été regardées comme possibles.

Récemment, Prenant et M^lle^ Asvadourova concluent à une origine exogène. Ils ont constaté que parmi les cellules épidermiques se trouvent disséminées des cellules particulières, les cellules leucocytoïdes des auteurs, ou cellules muriformes de Prenant.

Ces cellules sont des leucocytes doués d'un pouvoir phagocytaire énergique, phagocytant particulièrement ou exclusivement les globules rouges altérés. Entre les enclaves d'hématies fragmentés, des granulations pigmentaires apparaissent; ces

granulations, par leur confluence, donnent lieu à une masse pigmentaire. La cellule muriforme se pigmente de plus en plus, tandis que ses enclaves hématiques disparaissent; elle devient finalement une cellule pigmentaire.

Nature du pigment. — Les substances qui forment les grains de pigment sont constituées par un principe oxydant: *oxydase* (thyrosinase) dont le constituant est le fer, qui mélanise les tyrosines des matières albuminoïdes contenues dans les cellules pigmentaires.

Considéré comme étant d'origine hématique, il est naturel que le pigment contienne du fer.

A quelles radiations se rattachent l'érythème et la pigmentation? — Jadis, on attribuait l'action du soleil sur les téguments uniquement aux radiations thermiques.

C'est Charcot le premier qui, en 1858, soupçonna l'action des rayons chimiques.

Bouchard (1862), en donna la preuve expérimentale en faisant agir sur la peau les diverses radiations spectrales.

Exposant son bras, pendant un temps déterminé, au foyer d'une lentille placée sur les divers faisceaux lumineux du spectre décomposé par un prisme, il arriva aux conclusions suivantes: les rayons rouges ne produisent aucun effet; les rayons jaunes produisent une légère cuisson; les verts, un érythème léger; les bleus, de la cuisson et un érythème; les violets, une vraie phlyctène.

Les résultats étaient les mêmes après élimination par filtrage des rayons calorifiques. Widmarck, en 1889, fit la contre épreuve de cette dernière constatation: un rayonnement à pouvoir actinique élevé, filtré par une lame de verre, cesse de produire le coup de soleil, tandis qu'avec la même épaisseur de quartz, on ne l'atténue en rien.

Les conclusions de Widmarck sont les suivantes :

1° Par l'action de tous les rayons, excepté les rayons ultra-violets, la peau ne présente aucun changement;

2° Par l'action de tous les rayons, excepté les rayons calorifiques, l'inflammation caractéristique se développe. Hammer[1], d'après ses recherches personnelles, constate que l'érythème

1. Congrès de Leipzig, 1891.

solaire est provoqué par les rayons ultra-violets, mais qu'une cause importante de cette affection est la désaccoutumance de la peau à la lumière.

L'effet isolé de la chaleur, sans lumière sur la peau, est absolument différent de celui provoqué par la lumière.

Les préparations ou étoffes, qui empêchent les rayons ultra-violets de tomber sur la peau, protègent celle-ci contre l'érythème solaire.

Finsen, en 1900, Capdeville, Bordier ont, avec des sources artificielles, démontré l'action des rayons ultra-violets dans la genèse de l'érythème et de la pigmentation.

L'expérimentation courante montre l'action des radiations chimiques sur les téguments :

1° L'érythème solaire est plus fréquent près d'une vaste étendue d'eau ou sur un glacier, surfaces qui réfléchissent les rayons chimiques;

2° Les lésions siègent uniquement sur les parties découvertes, tandis que les rayons calorifiques peuvent agir à travers les vêtements;

3° L'érythème ne se développe pas d'une façon immédiate mais quelques heures après l'exposition de la partie atteinte, à l'encontre de l'érythème calorifique qui est immédiat;

4° L'érythème solaire peut être produit sur un tégument plongé dans l'eau.

Les rayons ultra-violets solaires qui nous parviennent, sont moins nocifs que ceux des sources artificielles.

Rollier et Rosselet ont bien montré que le pouvoir de mobiliser le pigment[1] paraissait à peu près exclusivement dévolu à l'ultra-violet : en plaçant sur la peau d'un sujet non pigmenté une plaque de verre fluorescent jaune (verre d'urane), aucune pigmentation n'apparaissait sous la plaque, tandis que, tout autour, la peau se pigmentait nettement.

Les régions du spectre, s'étendant du rouge au jaune, étaient

1. Le caméléon présente la curieuse propriété de mobiliser le pigment, suivant la nature des radiations. Cet animal devient noirâtre à la lumière et reste gris à l'obscurité. Ce phénomène est attribué, par Brucke, au déplacement des cellules pigmentaires de la peau ou chromatophores qui viennent à la surface de la peau sous l'influence de la lumière et s'enfoncent dans la profondeur, à l'obscurité. P. Bert et Hoppe-Seyler ont constaté que le rouge et le jaune produisaient le même effet que l'obscurité ; tandis que la lumière bleue provoquait l'apparition du pigment comme la lumière blanche.

donc incapables de produire la pigmentation; une plaque bleue-violette[1] produisait le même résultat négatif. La production du pigment ne commence donc qu'à partir de la région violette du spectre.

Pour H. von Schrötter (Vienne), la pigmentation se manifesterait surtout à partir de la longueur d'onde 3.600 A.

S'appuyant sur la présence d'ultra-violets de longueurs d'onde plus courtes à l'altitude qu'à la plaine[2], Rollier et Rosselet ont prétendu que les insolations, à la montagne, pigmentaient plus énergiquement les malades que les insolations à la plaine.

Nous dirons que l'intensité de la pigmentation dépend de la pureté de l'air, de l'intensité de la lumière, et aussi de la durée de l'insolation.

Les hommes du Nord, qui sont soumis à un éclairement solaire peu intense, sont peu pigmentés et généralement blonds.

Par contre, les hommes du Midi, soumis à une lumière plus abondante, sont bruns.

Miramond de Laroquette[3], exposant au soleil divers secteurs du tégument, colorés à l'aquarelle en violet, bleu, vert, jaune, rouge, noir, brun-teinte pigment, constate que, sous ces diverses couleurs, même sous *le bleu et le violet*, l'érythème est nul ou très atténué si la teinture est très foncée et épaisse (1/10 de millimètre, formant un vernis protecteur).

Si l'épaisseur est très faible, l'érythème est aussi accusé sous le violet et le bleu qu'à l'air libre; sous les autres couleurs, l'érythème est un peu moins fort, quoique assez accusé.

A travers des filtres de quartz et de verre, Miramond de Laroquette observe un érythème de chaleur et une sudation plus accusée qu'à l'air libre, ceci étant lié à l'échauffement progressif de l'air entre le filtre et la peau et par l'absence d'évaporation de la sueur.

Le quartz ne modifie pas l'action du soleil sous une épaisseur de 2 millimètres.

Par contre, le verre à vitre la retarde et l'atténue; ceci est en rapport avec l'absorption considérable du verre pour les rayons chimiques.

1. L'auteur n'indique ni l'épaisseur ni la matière de la plaque employée.
2. Opinion d'ailleurs erronée, comme nous l'avons vu.
3. *Monde méd.*, 15 décembre 1912.

Certaines substances atténuent sensiblement l'action des radiations solaires :

La glycérine diminue un peu l'érythème. L'huile, la lanoline, la vaseline, empêchent à peu près complètement l'érythème de chaleur, l'érythème photochimique et la pigmentation.

« Les sécrétions sébacées et sudorales produisent normalement des effets analogues, quoique moins accusés; elles protègent l'épiderme, les premières contre l'action irritante du rayonnement chimique, les secondes contre l'excès de chaleur.

« Un rayonnement calorifique modéré, une température un peu élevée de l'air extérieur, en provoquant ces sécrétions, aident donc la peau à se défendre contre les actions photochimiques et atténuent l'érythème et la pigmentation.

« Des conditions inverses exagèrent l'action nocive des rayons chimiques sur la peau » (M. de Laroquette).

Rôle joué par le pigment. — Le pigment agit-il comme un simple écran absorbant?

L'observation montre que les animaux ne sont atteints de coups de soleil qu'au niveau des régions apigmentées de leur pelage.

Les nègres, dont la pigmentation a été fixée par l'hérédité, sont à l'abri des coups de soleil : « Ils vivent à l'ombre de leur peau. »

Finsen a fait l'expérience suivante : Colorant, à l'encre de Chine, une portion de peau de son avant-bras, habituellement cachée sous les vêtements, il exposait la région dénudée et ainsi colorée aux rayons d'un soleil ardent. Sous la zone colorée, la peau était retrouvée normale, tandis que dans les régions non colorées se développait un érythème suivi de pigmentation.

Si l'écran pigmentaire empêche les réactions cutanées ultérieures, la lumière est-elle absorbée en pure perte ou la radiation lumineuse est-elle ramenée à une longueur d'onde capable d'être utilisée?

Si nous assimilons la pigmentation à un simple écran absorbant, pouvant transformer les radiations lumineuses en chaleur, nous fournissons aux téguments un appoint calorifique susceptible d'être utilisé, car la lumière est facilement transformée en chaleur par les écrans noirs.

Ainsi, le sol couvert de neige réfléchit la lumière du soleil

sans la conserver, mais si nous plaçons sur cette neige un morceau de charbon, ce charbon arrête les vibrations lumineuses et calorifiques, les emmagasine et s'échauffe à tel point qu'autour de lui la neige fond et qu'il s'enfonce dans la neige (Lauth).

La peau humaine pigmentée remplit un rôle analogue à celui de ce charbon, si bien que la sudation ne tarde pas à se manifester, traduisant l'élévation de la température au niveau de la peau. « Le pigment peut être envisagé comme représentant une multitude de petits foyers thermiques inclus dans le tégument et communiquant leur énergie de transformation, leur chaleur au protoplasma qui les baigne » (Zimmern).

Rollier et Rosselet accordant aux radiations ultra-violettes une fonction importante assimilent, gratuitement d'ailleurs, le pigment à une substance fluorescente. Ils le considèrent comme un transformateur. Les rayons lumineux et ultra-violets seraient ainsi transformés en rayons de grandes longueurs d'onde possédant un pouvoir bactéricide (Wiener).

Cette hypothèse est d'autant plus difficile à admettre qu'il n'a jamais été prouvé que le pigment fût fluorescents[1]; et à supposer que cette propriété existe, les radiations U.V., sont en si petit nombre dans le spectre solaire (1 p. 100), en comparaison des autres radiations lumineuses, qu'il est difficile d'attribuer à cette fluorescence un rôle biologique appréciable[2].

L'opinion de Rollier et Rosselet serait encore infirmée par le fait suivant :

Lorsque la peau se pigmente, le lupus ne guérit plus; si les rayons transformés avaient un pouvoir bactéricide[3], le pigment favoriserait la destruction du bacille de Koch et la régression du lupus.

Tous les auteurs ne font pas jouer au pigment un rôle protecteur; en particulier, Miramond de Laroquette dit que « si la résistance de la peau aux rayons chimiques est plus grande quand elle est bronzée par une série d'insolations, cela semble dû, non à la pigmentation elle-même, mais à une accoutumance

1. Stubel.
2. D. Berthelot : Cannes, 1914.
3. Pour Carnot, les rayons lumineux et plus particulièrement les rayons chimiques, sont absorbés aussi par les lipochromes du tissu adipeux et du sérum sanguin, substances capables de diffuser dans l'organisme l'énergie accumulée.

qui s'est établie peu à peu sous le soleil en même temps que la pigmentation, et rien ne démontre qu'il y ait entre ces deux phénomènes une relation de cause à effet.

L'opinion un peu paradoxale de Miramond de Laroquette n'a pas été confirmée et, quoiqu'il ne faille pas considérer la pigmentation comme un processus de défense, nous voyons en elle un processus d'adaptation[1], l'organisme se mettant dans les conditions les plus favorables pour utiliser les radiations solaires.

Au point de vue biologique, quel est le rôle des radiations transformées par l'écran pigmentaire ?

Le rôle des radiations chimiques sur l'organisme est encore hypothétique, et si ce rôle était admissible dans une certaine mesure avant la pigmentation, dès que celle-ci apparaît, son action est bien réduite.

Par suite, l'abondance plus ou moins grande de ces radiations dans le spectre solaire importe peu. En définitive, chez les sujets pigmentés, toute l'énergie lumineuse tend à se transformer en radiations de grandes longueurs d'onde, rouges et surtout calorifiques et, de fait, les phénomènes observés chez les sujets soumis à la cure solaire sont des réactions déterminées par l'élévation thermique au niveau de la peau.

La pigmentation ne relève pas que du facteur actinique; elle peut, en effet, survenir consécutivement à toute irritation entraînant l'érythème.

La pigmentation est fréquente aux points irrités chroniquement; normalement, elle s'observe au niveau des aisselles, à la face interne des cuisses, au scrotum, la peau de ces régions étant constamment humide et soumise à l'irritation chronique de la sueur. Anormalement, le port de bandages herniaires, de ceintures orthopédiques provoque également un dépôt de pigment dans les endroits susceptibles de frottements.

Nous pourrions encore citer bien d'autres exemples analogues.

Effets physiologiques de la lumière solaire.

Indépendamment de son action directe sur la peau, la lumière entraîne des réactions organiques générales que nous allons passer en revue :

1. Bohn, Leredde et Pautrier.

Hyperhémie. — Les téguments soumis à la radiation solaire, en dehors de tout érythème, se congestionnent par une vaso-dilatation des capillaires, ce qui a pour conséquence un meilleur fonctionnement de la peau.

Cette hyperhémie [1] entraîne la décongestion des vaisseaux profonds; les vaisseaux dilatés laissent transsuder des globules rouges et des globules blancs.

« Ils inondent les espaces lymphatiques agrandis baignant les cellules des tissus sous-cutanés.

« L'oxygène passe par contact des globules rouges aux cellules tissulaires qui s'en emparent et en usent, d'où augmentation de l'élimination d'acide carbonique, comme l'ont montré Moleschott, Fubini, Hasselbach » (Bith et Albert Robin).

En outre, le dégagement d'acide carbonique par la peau est plus intense à la lumière qu'à l'obscurité (Fubini et Ronchi) [2], ce qui s'explique par l'augmentation de la surface sanguine à la périphérie.

Cette hyperhémie permet aussi à la chaleur moléculaire sanguine de rayonner dans l'air ambiant; il se constitue ainsi un échange réciproque de radiations calorifiques : les unes solaires, pénétrant les téguments, les autres rayonnant au dehors.

La pigmentation augmente encore cet échange. La couleur foncée du pigment absorbant les radiations solaires et permettant par contre un rayonnement plus facile (comme tout corps noir); la peau pigmentée se transforme ainsi en véritable radiateur.

Influence sur le pouls et la pression artérielle. — Pour Malgat, le nombre des pulsations augmente dès le début de la cure solaire; peu après, il revient au chiffre initial.

Pour d'Elsnitz [3], le nombre des pulsations est ordinairement augmenté immédiatement après l'insolation, mais une heure après, il redescend au-dessous du chiffre initial [4].

Pression artérielle. — On observe une baisse, en général, pendant l'insolation.

1. La nutrition de la peau est augmentée sous l'influence de l'hyperhémie, on constate une croissance plus rapide des ongles, des poils, de la barbe et des cheveux insolés (Finsen, Berthold et Jensond).
2. *Arch. per le scienze med.*, t. I, 1879.
3. *Journal méd. français*, n° 11, p. 451, 1913.
4. Nous verrons plus loin le parti que l'on peut tirer de ces indications au point de vue de l'applicati du traitement.

Pour Spirtow[1], la tension artérielle diminue surtout sous l'influence de la lumière rouge et verte.

Sous la lumière bleue, elle monte d'abord au début, puis baisse ensuite lentement.

Sous la lumière solaire, la pression baisse au début très vite, ensuite plus lentement, et ne revient au chiffre initial qu'après dix minutes.

Pour d'Œlsnitz, la pression artérielle au cours de la cure serait essentiellement variable, et il ne peut en tirer encore de conclusions.

L'influence de la température ambiante détermine des variations importantes, mais ces modifications seraient toujours légères.

Le bain chaud de soleil, d'après Malgat, provoquerait une diminution de la pression artérielle. Le bain froid, une augmentation.

Action sur le sang. — D'après Rollier et Revillet[2], l'insolation provoque une multiplication des globules rouges, la proportion d'hémoglobine augmente, la poïkylocytose et l'anisocytose diminuent.

Lenkei, Behring[3], Bardenheuer[4] concluent d'une façon analogue.

Ces modifications sanguines ne sont pas l'apanage de l'héliothérapie; l'influence du grand air, de l'altitude ou de la mer, augmentent, en dehors de toute cure solaire, la multiplication des globules rouges.

Quant à la formule leucocytaire, bien étudiée par d'Œlsnitz, elle s'élèverait généralement dans les heures qui suivent l'insolation.

Il a constaté une augmentation nette du nombre des éosinophiles au cours de la cure solaire.

Influence sur la température. — Le bain de soleil tend, généralement, à élever la température, et si celle-ci présente de faibles écarts, cela tient au mécanisme régulateur.

1. *Russiche mediz. Rundschau*, 1907, n° 2.
2. Congrès de Nice, 1904.
3. *Mediz. naturw. Archiv.*, 1907.
4. Soc. gén. de Méd. de Cologne, 6 mai 1912.

Pour Monteuuis[1] et Malgat[2], l'élévation de la température serait légère et transitoire; elle varie entre 0°2 et 0°7, suivant la durée du bain (vingt à quarante minutes); rapidement, la température redevient normale.

Spirtow indique des modifications analogues.

D'Œlsnitz observe une ascension thermique immédiate, puis, après le bain, une baisse légère de la température, mais qui reste, pendant quelque temps encore, au-dessus de la normale.

Rilow[3] constate, par contre, une baisse de la température centrale et une élévation de la température périphérique.

Pour Rollier, la température ne subit pas de modifications. La variation individuelle présente ici une grosse importance. L'adaptation du sujet, la façon dont fonctionnent ses systèmes régulateurs, enfin la température extérieure, expliquent facilement les divergences entre les auteurs.

Sudation. — Par ce mécanisme, l'organisme lutte contre l'élévation thermique; l'évaporation qui l'accompagne refroidit les téguments; elle ne s'accomplit dans de bonnes conditions que si l'air est sec.

En outre, la sudation favorise l'élimination des produits toxiques et des déchets organiques.

Action sur la respiration et les échanges respiratoires. — L'élévation de la température du corps a encore pour conséquence d'entraîner une augmentation des mouvements respiratoires, la ventilation pulmonaire favorisant l'évaporation.

Chez l'homme, ce mécanisme régulateur est peu développé, par suite de l'évaporation cutanée; mais les chiens, ne possédant pas de glandes sudoripares, luttent contre l'élévation de la température par la polypnée dite thermique (Rubner et Cramer[4]).

Les auteurs ne sont pas d'accord sur l'augmentation des échanges respiratoires à la lumière.

Pour Hanriot et Richet[5], Bidder et Schmidt[6], on constaterait,

1. Cure solaire à Nice, 1903.
2. Congrès de Nice, 1907.
3. *Journal de Physiol.*, 15 octobre 1903.
4. *Arch. Hyg.*, t. XXII, p. 343; 1894. Voir aussi Lefèvre : *Chaleur animale.* Masson, 1911.
5. *Des échanges respiratoires* (Tirage à part), p. 32. Paris.
6. *Verdauungssäfte u. der stoffewechsen*, p. 317. Leipzig, 1852.

le jour, une plus-value dans le dégagement de gaz carbonique.

Pour Wolpert, la consommation d'oxygène et le dégagement d'acide carbonique seraient plus intenses le jour que la nuit, mais, pour cet auteur, ces phénomènes seraient dus à l'augmentation de la ventilation pulmonaire.

Pour Aimes[1], le nombre des respirations s'accroît de 6 à 8, pour rester ensuite stationnaire.

D'Œlsnitz constate que l'insolation élève temporairement le nombre des respirations, qui devient inférieur au chiffre initial, une heure après.

Des recherches faites sur un seul sujet, par A. Robin et H. Bith[2], il résulte qu'à la suite de la cure solaire, on constate une augmentation du nombre des respirations, mais, malgré cela, les échanges respiratoires ne sont pas modifiés.

L'entente n'est pas faite entre les auteurs, et on peut se demander si l'augmentation des échanges respiratoires ne tient pas à une autre cause que le soleil.

Pour Pflüger et Loeb, le refroidissement des téguments par l'évaporation entraînerait des contractions musculaires soit volontaires, soit réflexes, et consécutivement, une activation des oxydations.

En résumé, si les auteurs ne sont pas d'accord sur l'accroissement des échanges respiratoires, tous sont unanimes à affirmer l'augmentation du nombre des respirations.

Influence de la lumière sur le poids et les échanges azotés. — On considère, en général, que la nutrition azotée est favorisée par la lumière.

Le poids augmente rapidement.

Après huit mois de traitement, Revillet obtient un accroissemant de 4 kilogrammes.

Dès le début de la cure, cependant, Monteuuis constate une légère diminution du poids, qui serait vite rattrapé.

Dans la suite, le sujet augmente manifestement de poids; ceci est en rapport avec les résultats expérimentaux signalés par Borrissoff sur les chiens, comme on l'a vu plus haut.

Pour Lenkei, cette baisse de poids, au début, serait due à la

1. Héliothérapie, *Th. Montpellier*, 1913.
2. Rapport au Congrès de Cannes.

sudation. Au cours d'une cure bien dirigée, elle ne s'observerait pas.

A. Robin et H. Bith ont constaté, chez un sujet soumis à la cure solaire, une augmentation de poids de 2 kilogrammes en un mois et les examens d'urine, pratiqués avant et après la cure, ont mis en évidence une meilleure utilisation de l'azote; avec une activité leucocytaire plus marquée; il y aurait augmentation du métabolisme azoté.

Elimination urinaire. — Pour Malgat, la quantité des urines rendue en vingt-quatre heures est augmentée, au bout d'un temps plus ou moins long, chez presque tous les sujets; la quantité des urines de jour dépasse la quantité des urines de nuit.

La toxicité des urines est augmentée, le jour; celle de nuit sont moins toxiques et moins convulsivantes (Bouchard); ce qui indique que les échanges organiques sont plus actifs le jour que la nuit.

Action sur le travail musculaire. — Les expériences de Féré ont montré que le travail ergographique est plus grand à la lumière qu'à l'obscurité et que la lumière rouge, parmi les lumières monochromatiques, est la plus propre à provoquer ce résultat. Cependant le bleu, d'après les travaux de Pisani, serait plus apte à donner un travail soutenu et à prévenir la fatigue.

On sait, d'autre part, que cette couleur aurait une influence sédative remarquable.

Le rouge doit-il être considéré comme excitant momentané du du travail musculaire, mais amenant vite la fatigue?

L'observation de Nogier[1], relatant les phénomènes d'excitation cérébrale provoquée par la lumière rouge chez les ouvriers des ateliers « *Lumière* », à Lyon, tendrait à le prouver.

Influence de la lumière sur l'idéation. — L'influence de la lumière sur l'idéation est tout à fait remarquable.

Tout le monde a ressenti cette euphorie particulière qui se manifeste lorsque le soleil brille.

« Nous connaissons tous, dit Finsen, l'effet tout spécial de la

1. *Loc. cit.*

lumière solaire directe sur tous les organismes. Les transitions subites, du ciel couvert au ciel clair, nous le laissent sentir mieux que le soleil continu. Le ciel a-t-il été couvert pendant une partie d'un jour d'été et le soleil perce-t-il alors tout à coup : c'est comme un changement dans la nature qui semble être vivifiée.

« Les insectes volent et bourdonnent gaiement; les reptiles s'ébattent au clair soleil. Les oiseaux gazouillent et nous subissons nous-mêmes cette impression de bien-être et de plénitude de vie. »

Essai d'interprétations des réactions physiologiques provoquées par la radiation solaire.

Nous avons vu que les radiations chimiques de courte longueur d'onde étaient arrêtées superficiellement par les téguments et que leur action n'avait pu être mise en évidence d'une façon nette.

Développant la pigmentation, elles sont absorbées par celle-ci et transformées en radiations calorifiques.

Les radiations bleu-violettes sont arrêtées par l'écran sanguin et le pigment (nous ne savons rien de leur action directe sur les tissus); elles sont également transformées en radiations de grande longueur d'onde.

En définitive, les rayons peu réfrangibles pénètrent seuls profondément. Ce sont donc les rayons à propriétés calorifiques qui jouent le rôle le plus important.

Comment leur action s'exerce-t-elle?

La radiation solaire agit sur l'état général et de la nutrition :

Malgat, Monteuuis[1] considèrent que la radiation calorifique, captée par le tégument, peut être utilisée par l'organisme, qui transforme en réaction moléculaire l'apport énergétique fourni par le soleil.

Pour Nogier, on peut envisager la peau comme un récepteur d'énergie radiante de très grande surface qui emprunte ainsi de la force au milieu extérieur.

« La lumière, captée par la peau, forme chez l'homme un appoint énergétique qui, pour être minime, n'en est cependant

1. *Bains d'air, de lumière et de soleil.* Paris, 1911.

pas pour cela négligeable et qui peut devenir considérable, quand on fait une application thérapeutique systématique » (Nogier).

Miramond de Laroquette[1] considère l'énergie lumineuse absorbée par l'organisme *comme une ration d'appoint*; il a donné, à l'appui de cette interprétation, les faits expérimentaux suivants :

Il a exposé des cobayes, dans des cages vitrées, sur une terrasse d'Alger; chaque animal a reçu 100 grammes d'herbage par jour et une ration d'avoine variable d'un jour à l'autre, au gré de chaque animal.

On pesait *chaque jour le reliquat d'avoine*, la quantité primitive étant connue.

Les chiffres relevés pour trois cobayes, de décembre 1912 à décembre 1913, montrent que la quantité d'avoine librement consommée, donc la ration alimentaire, ont suivi une courbe inverse de celle de l'intensité et de la durée du rayonnement solaire[2].

Le poids du corps a suivi, chez tous les cobayes, une courbe de même sens que la température, en hiver, au printemps et en automne ; mais l'été ce rapport s'est inversé, par suite de l'évaporation très élevée des tissus, bien que cette réduction de poids ne paraisse pas proportionnelle à la réduction de l'avoine consommée.

Ces faits démontrent que les animaux homéothermes subissent des fluctuations correspondant aux saisons et aux variations de la température extérieure.

On trouve aussi, dans ces observations, une démonstration de la notion théorique de la nutrition par la chaleur, de l'absorption et de l'utilisation par les animaux de l'énergie rayonnante du soleil.

Miramond de Laroquette donne, à l'appui de cette thèse, le fait que les habitants des climats fortement insolés présentent une ration alimentaire très réduite.

Les indigènes du Sud algérien, vivant demi-nus, consomment 1.200 à 1.500 calories au lieu de 3.000 calories, ration normale moyenne d'Europe.

M. et Mme Lapicque[3] ont fait des observations analogues sur

1. *C. R. A. S.*, 23 février 1914.
2. Par 100 grammes d'animal la ration d'avoine était de 4 grammes en hiver, grammes au printemps et en automne, 2 grammes en été.
3. *C. R. A. S.*, 8 mars 1914.

divers oiseaux, mais ils n'arrivent pas du tout aux conclusions de Miramond de Laroquette.

Pour interpréter ces phénomènes, il n'est pas besoin d'invoquer une absorption directe des rayons solaires; en effet, pour entretenir son énergie vitale, un animal doit consommer une certaine quantité de chaleur; si l'animal est au repos, la totalité de l'énergie chimique représentée par ses aliments se transforme en chaleur, *c'est la chaleur fonctionnelle.*

D'autre part, les animaux à température constante consomment une certaine quantité de chaleur, et cela d'autant plus que la différence entre la température de leur corps et celle du milieu ambiant est plus grande.

La chaleur fonctionnelle est d'ordinaire insuffisante pour compenser la perte de chaleur cédée au milieu extérieur.

Il faut donc, pour maintenir le niveau thermique constant, fournir un excès de chaleur par un excès d'aliment.

Or, cette différence entre la chaleur fonctionnelle et la perte de chaleur, nous pouvons la compenser soit par un excès d'aliment, soit par un apport de chaleur, par exemple au moyen d'un courant électrique (diathermie), ou en échauffant le milieu extérieur.

Quand il fait chaud, l'aliment complémentaire diminuera parce que l'animal perd moins de chaleur; inversement, quand il fait froid, il faut plus de nourriture et surtout des aliments susceptibles de dégager le plus grand nombre de calories possibles. C'est pourquoi les hommes des pays polaires mangent beaucoup et surtout des graisses, tandis que les indigènes du Sud Algérien ont une alimentation très réduite.

Le soleil intervient en élevant la température extérieure qui amène une diminution de la perte de chaleur, c'est-à-dire un réchauffement du sujet.

Le rôle d'épargne alimentaire, joué par le soleil, rend possible l'entretien des fonctions organiques sans surcharges nutritives; il permet, par conséquent, aux sujets affaiblis de prospérer et d'augmenter de poids pour un régime nutritif restreint.

Mais la radiation calorifique a d'autres attributions : Nous l'avons vu provoquer l'hyperhémie, activer la circulation sanguine périphérique en décongestionnant les vaisseaux profonds, favoriser la diapédèse leucocytique et l'augmentation des globules rouges, augmenter la fréquence respiratoire et son

amplitude, entraîner ainsi un réveil de toutes les fonctions organiques qui se traduit par une augmentation des échanges, une élévation du poids, en définitive, une amélioration de l'état général.

Le facteur initial[1] *qui déclanche ces phénomènes, n'est autre qu'un processus de régulation thermique; c'est pour lutter contre l'élévation de température, pour maintenir son équilibre thermique que l'organisme provoque l'hyperhémie, la sudation, l'accélération respiratoire. Consécutivement, les organes étant solidaires, des réactions de divers ordres apparaissent pour subvenir à ce travail nouveau; ce sont l'accroissement des échanges, l'oxydation organique, la polyglobulie, etc. Enfin, un coup de fouet général est donné à tout l'organisme.* Il n'est nullement besoin, comme on le voit, de faire intervenir les fonctions hypothétiques des radiations chimiques, pour expliquer le rôle bienfaisant de la radiation solaire ; les radiations thermiques en rendent compte d'une façon suffisamment complète[2].

1. Voir Lefèvre : *Chaleur animale.* Masson, 1911. — A. Bier : *L'Hyperhémie.* Masson, 1907.

2. Des réactions d'ordre général peuvent s'observer sous l'influence d'une exposition locale aux rayons calorifiques : Lorsqu'une partie du corps (un membre) est soumise aux radiations *thermiques*, une hyperhémie générale, suivant la température, apparaît, de la sudation se manifeste, le pouls et la respiration s'accélèrent un peu.

CHAPITRE II

ROLE BIOLOGIQUE DES RAYONS X

Action sur les microbes, sur le développement cellulaire, sur les différents tissus (sang) : tissu lymphoïde, tissu osseux, sur le testicule et l'ovaire, sur la peau, etc. — Loi de Bergonié et Tribondeau. — Loi de Béclère. — Sensibilité des tissus suivant la qualité des rayons. — Comparaison des rayons X et des rayons ultra-violets au point de vue biologique. — Mécanisme de l'action de ces radiations sur la cellule.

Généralités. — Avec les radiations solaires, nous avons vu l'organisme présenter des réactions nombreuses et profondes. Pour la partie gauche du spectre, la lumière du soleil avait une action *essentiellement générale*. La partie droite du spectre, la plus réfrangible, manifestait seulement des réactions locales : érythème, pigmentation, mais sans action en profondeur.

Avec les rayons de Rœntgen, nous allons observer des réactions exclusivement locales mais pouvant s'exercer en profondeur dans l'intimité des tissus.

Nous retrouverons encore ici la loi inhérente à toute radiation, à savoir qu'elles n'ont d'effets biochimiques qu'autant qu'elles sont absorbées.

Action sur les microbes. — D'une façon générale, on considère que les rayons X n'ont *pas d'action microbicide*; cette démonstration peut être facilement faite sous l'ultra-microscope avec des microbes mobiles.

Ce fait contraste avec la sensibilité si remarquable des microbes aux rayons ultra-violets.

Mais les conditions dans lesquelles on emploie les radiations de Rœntgen sont généralement mal indiquées, quant à la durée de l'irradiation, l'intensité du rayonnement, la qualité du fais-

ceau, et il est difficile d'en tirer des conclusions; c'est ce qui explique certains faits contradictoires.

Atkinson, Wittling, Berton et, plus récemment, Scholtz n'auraient jamais eu de résultats positifs, même avec des expositions très prolongées.

Berton exposa sans succès aux rayons X, durant soixante-quatre heures, des cultures de bacilles diphtériques.

Brunton et Blaikie, en 1897, inoculaient à des cobayes des bacilles de Koch qu'ils avaient soumis au préalable à des irradiations prolongées ; ils constatèrent que ces animaux ne vécurent pas plus longtemps que les cobayes de contrôle ; les rayons X ne semblent donc pas détruire le bacille de Koch.

Pott, Krause, Instrum, opérant d'une façon analogue, arrivent aux mêmes résultats.

Mais, par contre, Lortet et Genoud, Fiorentini et Luraschi pour la *tuberculose expérimentale*, de Muhsan et Sonnenburg pour la tuberculose locale, ainsi que Courmont et Doyon, Holtzknecht seraient parvenus à atténuer la virulence du bacille de Koch ou même à tuer ce microbe[1].

Les protozoaires sont également réfractaires à l'action des rayons X.

Bordier a expérimenté sur le *trypanosome Lewisi ;* il a constaté que celui-ci ne présentait aucune modification, après une irradiation de 20 unités H; mais, exposé aux rayons ultra-violets, il était très rapidement tué.

Action sur le développement cellulaire. — Les rayons X sont regardés comme retardant l'évolution des œufs et des cellules primordiales en général.

Sur les graines, en état de vie latente, Guilleminot a constaté une action retardante dans les développements: les plantes irradiées sont plus petites que les plantes témoins.

Sur les graines en voie de germination, de nombreux auteurs[2] ont constaté que les rayons X, à faible dose (III chaque jour), activent la germination.

1. Quelles que soient les opinions, on peut dire que le rôle bactéricide des rayons de Roentgen nécessite, s'il existe, des doses considérables de cet agent physique.

2. Madiney et Thouvenin, Woldenfen et Forbes-Ross, Guilleminot, Schwartz, Schmidt.

Mais si on irradie à 20 H, pendant trois jours, on constate du retard au développement et de la dégénérescence (Weterer).

Pour 40 H journalières, aucune croissance. Donc, les petites doses sur les graines en voie de germination sont excitantes. Pour des doses élevées, on constate une action nocive, soit développement anormal, soit arrêt de développement.

Sur les tissus animaux, on observe des phénomènes analogues. Pour Gilman et Bactjer (1904) il y aurait d'abord une action accélérante, puis bientôt retardante, sur les œufs de poule.

Bordier et Galimard ont soumis des œufs de poule à quatorze séances d'irradiations X, rayons 7, 15 H. La première séance était faite avant l'incubation; les autres au cours de l'incubation, chaque jour.

Tous les œufs ont subi un arrêt de développement.

Si l'on commence les séances au cours de l'incubation seulement, c'est à partir de ce moment que se manifeste le retard.

Oudin a constaté que la grossesse, chez les petits animaux, pouvait être enrayée par une application de rayons X, insuffisante pour provoquer des lésions cutanées.

Action sur les différents tissus. — Sur le sang. — *In vitro*, on ne constate ni altération globulaire, ni hémolyse (Bergonié et Tribondeau).

Sur du sang frais, irradié à 15 H, Bordier n'a constaté au spectroscope aucune altération des bandes d'absorption de l'oxyhémoglobine, pas la moindre trace de méthémoglobine qui apparaît si facilement avec les rayons ultra-violets.

In vivo, lorsqu'on soumet un petit animal tout entier à une dose suffisante de rayons X, on constate surtout une grande diminution du nombre des globules blancs du sang et d'autres lésions nombreuses : atrophie de la rate, lésions des glandes lymphatiques, de l'appareil folliculaire de l'intestin, de la moelle osseuse, de la peau, des testicules.

Les cellules leucocytaires présentent une susceptibilité remarquable aux rayons X (Krause, Ziegler).

Cette action serait, pour certains, directe sur le sang; si l'on soumet l'oreille d'un lapin aux rayons X, on constate des phénomènes de leucopénie.

Pour Schwartz, au contraire, on constaterait surtout de la

polynucléose et très peu de diminution du nombre des leucocytes, la leucopénie ne pourrait se manifester que si les organes hématopoïétiques ont été irradiés.

Les faits observés par Heinecke, Aubertin et Beaujard, ont précisé nos connaissances sur ces cellules du sang, comme nous allons le voir. A l'inverse de ce qu'on observe pour les leucocytes, *les hématies* (Aubertin et Beaujard) présentent une immunité remarquable vis-à-vis des rayons X.

Tissu lymphoïde. — C'est depuis les travaux de Heinecke qu'on connaît l'extrême sensibilité des tissus lymphoïdes aux rayons X. En soumettant des souris et des cobayes à une irradiation intense, il constatait que ces animaux succombaient en sept à quatorze jours.

On ne pouvait accuser les altérations cutanées et les lésions nerveuses, car, à l'autopsie, on ne constatait rien du côté de la peau ni du système nerveux; mais, en revanche, la rate présentait des altérations nombreuses, elle était petite et noirâtre; l'examen microscopique montra une grande quantité de pigments, la disparition des *follicules de Malpighi* et une diminution considérable des éléments cellulaires de la pulpe.

Heinecke, précisant ses recherches, observa que l'altération fondamentale et la première en date est la lésion des corpuscules. La destruction des lymphocytes peut être plus ou moins étendue mais, si les irradiations n'ont pas été suffisantes pour amener la mort de l'animal, la *réparation s'accomplit assez vite.*

Enfin, la sensibilité des follicules est extrême ; des quantités de rayons X très faibles suffisent à provoquer des altérations importantes; à l'inverse de ce que l'on constate pour les tissus épithéliaux, l'altération du tissu lymphoïde est si rapide qu'on ne peut décrire une période latente entre l'irradiation et l'altération visible.

Les *ganglions lymphatiques*, les follicules clos de l'intestin, le thymus, présenteraient des phénomènes de dégénérescence analogue.

La moelle osseuse manifesterait, à la suite d'irradiations prolongées, des modifications importantes de dégénérescence graisseuse, phénomène d'ailleurs éphémère, comme pour la rate.

Aubertin et Beaujard complétèrent ces recherches de Heinecke sur les organes lymphoïdes.

Ils exposèrent de petits animaux (lapins, cobayes) à des doses de 10 H environ, quantité sensiblement inférieure aux doses mortelles. Ils observèrent d'abord, à la 2e ou 3e heure, une première phase de leucocytose, représentée par un apport considérable de polynucléaires neutrophiles; en second lieu, apparaissaient des myélocytes. A cette phase de leucocytose succède une phase d'hypoleucocytose, due à la destruction des lymphocytoses et notamment des petits lymphocytes (cellules les plus jeunes).

Tissu osseux. — Récamier et Tribondeau ont bien mis en lumière l'action des rayons X sur le tissu osseux en voie de croissance; expérimentant chez le chat nouveau-né et chez le poulet, ces auteurs ont constaté un retard dans l'évolution du squelette.

Ceci nous montre l'action élective des rayons X sur les cellules jeunes en voie de croissance.

Perthes et Forsterling, sur les animaux âgés de quelques jours, sont arrivés à des résultats analogues.

Action sur le testicule et l'ovaire. — Sur le *testicule*, les rayons X ont une action stérilisante remarquable; ce sont les spermatogonies (cellules génératrices de la ligne sexuelle) qui sont le plus sensibles (Bergonié et Tribondeau, Halberstœdter, Ancelin et Villemin, A. Schonberg).

Sur l'*ovaire* l'action des rayons X est assez controversée. Pour Roulier[1] les altérations ovariennes ne s'observeraient qu'avec des doses capables de léser les téguments. Halberstœdter, Bergonié et Tribondeau ont constaté la lésion des follicules de Graaf.

Bouin, Ancel et Villemin signalent une lésion des corps jaunes.

Chez les femmes traitées pour fibrome, Foveau de Courmelles[2] annonce une diminution des règles et quelquefois de l'aménorrhée.

Action sur la peau. — Les lésions produites sur les téguments par les rayons X sont variables suivant les doses.

On décrit une période de latence, variant ordinairement entre 6 à 10 jours; elle peut atteindre parfois jusqu'à 3 semaines.

La première manifestation, indice de l'action profonde sur la peau, est la chute des poils; il s'agit d'une action spéciale des

1. *C. R. A. S.*, 6 août 1906.
2. *C. R. A. S.*, 27 février 1905 et 26 novembre 1907; *Arch. d'Elect. méd.*, 25 janvier 1908.

rayons X sur les cellules du bulbe pileux. Il ne peut pas y avoir d'autres accidents pour une dose faible (5 H).

Dans les cas de radiodermite légère, on voit apparaître un érythème rosé avec démangeaisons; au bout de quelques jours survient de la desquamation; la peau prend un aspect luisant et se pigmente ensuite.

Dans les cas plus intenses, on voit survenir des bulles, des phlyctènes auxquelles succèdent des ulcérations douloureuses superficielles, peu à peu cependant la réparation se fait, l'épiderme se reconstitue, mais cet épiderme aminci présente un aspect télangiectasique durable; l'épilation est souvent définitive.

Dans les cas graves, sur la surface ulcérée, apparaissent bientôt des taches jaunes-grisâtres de sphacèle qui laissent, après leur chute, des escharres suivies de nouvelles éliminations tissulaires. La plaie évolue avec une lenteur désespérante et met des mois à guérir. La réparation se faisant au bout de trois mois, six mois, quelquefois un an et plus. Une cicatrice indélébile télangiectasique, rétractile, se substitue à la lésion. Elle constitue une *radiodermite chronique* qui peut ultérieurement se crevasser, se fissurer, donner naissance à des papillomes, à des plaques kératosiques, finalement présenter des transformations atypiques épithéliomateuses.

La sensibilité de la couche malpighienne de l'épiderme explique l'évolution particulière des radiodermites et de leur longue période de latence; faiblement touchée, elle donne lieu à une radiodermite superficielle; profondément atteinte, incapable d'aucune prolifération, un ulcère torpide succède à sa destruction.

Tissus adultes (*conjonctif et osseux*, *musculaire*, *glande mammaire au repos*, etc.). — Ces divers tissus sont difficilement touchés par les rayons X: il faut des doses considérables pour les altérer.

Frappés de cette électivité pour certains tissus, les auteurs ont voulu dresser une classification d'après leur sensibilité.

Kienböck, en particulier, classait les tissus en leur donnant un coefficient de sensibilité. Mais ce tableau, intéressant au point de vue pratique, avait le défaut de ne pas nous faire concevoir les phénomènes qui pouvaient expliquer ces divers degrés de sensibilité.

Obéissant à ce désir de généralisation, Bergonié et Tribondeau ont pu formuler une loi dont on mesure aujourd'hui toute la portée.

Les rayons X, disent ces auteurs, agissent avec d'autant plus d'intensité sur les cellules :

1° Que leur activité reproductrice est plus grande;

2° Que leur devenir karyokinétique est plus long;

3° Que leur morphologie et leur fonction sont moins définitivement fixées.

Les spermatogonies, les cellules basales de l'épiderme, le *tissu lymphoïde*, etc. entrent dans cette loi.

A la loi Bergonié-Tribondeau, il convient d'ajouter une autre loi formulée par Béclère :

« *Tout élément cellulaire vivant, sain ou malade, s'il absorbe une quantité suffisante de rayons de Rœntgen, devient le siège d'une transformation chimique dont le dernier terme est la dégénérescence et la mort de l'élément irradié.* »

Cette *loi de Béclère* s'applique aux cellules de tout tissu vivant, quelle qu'en soit la sensibilité relative. Tous les tissus sont donc vulnérables par les rayons X.

Cette destruction des éléments irradiés n'est pas un phénomène de nécrose brutale comme celui d'une brûlure; il y a une période latente ; les cellules subissent une altération intérieure qui aboutit à leur mort; elles sont ensuite phagocytées et, à leur place, un tissu cicatriciel souple s'édifie (P. Marie et S. Clunet).

Sensibilité des tissus suivant la qualité des rayons. — A l'inverse de ce que nous avons constaté pour la lumière et les rayons ultra-violets, les rayons X sont d'autant plus rapidement absorbés que leur fréquence vibratoire est plus faible ou autrement dit que les rayons sont plus mous.

L'action biochimique des radiations étant proportionnelle à leur absorption, on conçoit que les rayons mous auront un effet destructeur plus grand que les rayons durs.

Le rayonnement n'agit qu'autant qu'il est retenu et il n'y a pas, comme on l'a cru, de spécificité qualitative. Guilleminot, par des recherches précises, a mis au point cette importante question.

Pour cet auteur, il n'y a pas de différence d'effet produit par les rayons X suivant leur qualité et, à doses absorbées égales, les

effets sont les mêmes, quelle que soit la qualité du faisceau incident.

La sensibilité particulière de certains tissus aux rayons X tient à ce que l'albumine qui les constitue possède un coefficient d'absorption plus grand que les autres tissus.

L'action biochimique d'une radiation dépend non pas de la quantité absolue d'énergie radiante, fixée par l'unité d'épaisseur (ou de masse) des tissus, *mais de l'absorbabilité de cette radiation par l'albumine cellulaire, à la profondeur considérée* (Guilleminot).

Bordier[1], Nogier et Regaud[2] ne partagent pas entièrement cette opinion et admettent une sensibilité plus grande de certains tissus, indépendamment de la quantité absorbée.

Lorsqu'on veut agir profondément sur les tissus, pour éviter l'absorption trop rapide des rayons mous par les couches superficielles et la peau qui serait inutilement lésée, on rend le faisceau de rayons X plus homogène par la filtration à l'aide d'une plaque d'aluminium d'épaisseur convenable, qui a la propriété d'arrêter les rayons de grande longueur d'onde (mous) et de laisser passer les rayons durs de grande fréquence vibratoire, capables de s'amortir dans la profondeur.

COMPARAISON DES RAYONS X ET DES RAYONS ULTRA-VIOLETS AU POINT DE VUE BIOLOGIQUE

Les effets respectifs, sur nos tissus, de ces deux modes d'oscillation de l'éther montrent des analogies bien singulières.

C'est aussi sur la couche basale de l'épiderme que les rayons ultra-violets manifestent leur action vulnérante maxima, comme le prouvent les faits observés avec les deux ordres de radiations, frappant un organe assez mince pour être traversé par elles : une oreille de lapin pour les rayons actiniques (Purkhauer) ; la main pour les rayons X.

Dans certaines conditions, on voit les couches basales de l'épiderme détruites du côté de la sortie des radiations, aussi bien que sur la face d'entrée, alors que les autres tissus sont indemnes. Là ne s'arrête pas l'analogie. Dans toute l'épaisseur

1. *Arch. d'Electr. méd.*, avril 1913, p. 2.
2. *Paris méd.*, 4 janvier 1913.

des téguments où peuvent pénétrer des rayons ultra-violets, on les voit amener des réactions semblables à celles des rayons X. Ceux-ci provoquent parfois un érythème précoce, baptisé prééerythème ou préréaction, qui rappelle singulièrement l'érythème solaire et doit être interprété comme une congestion banale et commune à toutes les causes d'irritation.

Après une période de latence, plus longue avec les rayons X qu'avec les radiations actiniques, qui s'amortissent bien plus nombreuses dans les couches superficielles de l'épiderme, on voit apparaître un mode de défense identique, *la pigmentation*. La peau ne possède contre l'excès d'énergie radiante, quelle qu'en soit la source ou la nature, qu'un seul et même mode défensif : l'hyperhémie contre les atteintes brutales ; la pigmentation contre les atteintes moyennes et répétées (P. Oudin et Zimmern)[1].

Mécanisme intime de l'action de ces radiations sur la cellule. — Raybaud a donné de ce mode d'action une explication satisfaisante, d'ailleurs appuyée sur des recherches expérimentales.

C'est à la coagulation des matières albuminoïdes du protoplasma qu'il faut rapporter l'*action histolytique* : les albuminoïdes se trouvent à l'état colloïdal dans les cellules vivantes; ces grains d'albumine sont animés de mouvements browniens faciles à observer à l'ultra-microscope. Sous l'influence des rayons ultra-violets, l'état colloïdal cesse et les grains d'albumine coagulés encombrent le protoplasma des cellules superficielles de l'épiderme.

Cette coagulation albuminoïdique rend impossible la continuation de la vie des cellules ainsi touchées.

(Raybaud a constaté que les rayons U. V., à partir de 3.030 A., coagulent les albumines.)

Pour les rayons X, Bordier[2] a émis une hypothèse à peu près semblable[3]; il explique la plus grande sensibilité des cellules jeunes par ce fait que les particules colloïdales d'albumine récemment formées sont précipitées plus facilement, c'est-à-dire

1. *Loc. cit.*
2. *Arch. d'Elec. méd.*, 1913, p. 355; Congrès de Radiologie, Liége, 1905.
3. Il suppose que les grains colloïdaux, chargés électriquement, seraient neutralisés et par conséquent précipités par les rayons X.

avec une dose de rayons moins forte que celle qui est nécessaire pour précipiter l'albumine des cellules de formation ancienne[1].

En outre, suivant le nombre de grains colloïdaux précipités, la vitalité de la cellule sera ou simplement diminuée, ralentie ou détruite. Si la provision de l'albumine à l'état colloïdal est suffisante pour entretenir la vie de la cellule, celle-ci pourra se régénérer par formation d'une nouvelle quantité d'albumine. Si la vitalité est trop atteinte, la cellule pourra tomber à l'état de vie latente ou bien périr, dès qu'elle aura épuisé ses réserves albuminoïdiques. Ceci rend compte de l'existence d'une période latente précédant l'apparition de la réaction visible pour les radiodermites[2].

D'autres hypothèses, moins satisfaisantes et non appuyées sur des faits expérimentaux, ont été proposées :

La perturbation intime intracellulaire serait due à un changement dans la gravitation intra-atomique des atomes de la cellule, par apport de nouveaux électrons. On a supposé aussi une dislocation de la mollécule azotée, un dédoublement de la lécithine.

D'après ce que nous venons d'envisager, nous voyons que les rayons X ont une action essentiellement *cellulaire*, *directe*, *profonde*, *élective* en une certaine mesure, sur les tissus.

En définitive, les radiations de Röntgen agissent *localement dans le champ du faisceau*; *elles sont sans action sur le système nerveux et sans retentissement général.*

Ces radiations s'opposent aux *rayons solaires* qui, eux, *agissent sur l'organisme tout entier.*

De ces modes d'action différents, tous deux énergiques, découlent des applications thérapeutiques efficaces, qui s'adressent l'un et l'autre à des cas définis ou qui *peuvent utilement s'associer.*

1. Bordier s'appuie sur les expériences de Tribondeau et Récamier, démontrant la coagulation facile de l'albumine du cristallin chez le chat nouveau-né, tandis qu'elle devient difficile chez l'animal adulte.

2. Bordier et Galimard, expérimentant sur l'*oxyde de phosphore* dans la benzine, mélange constituant un corps à l'état colloïdal, sont parvenus, avec une dose suffisante de rayons X, à précipiter cette pseudo-solution.

TROISIÈME PARTIE

ROLE THÉRAPEUTIQUE DES RADIATIONS SOLAIRES ET DES RADIATIONS DE RŒNTGEN

CHAPITRE PREMIER

ROLE THÉRAPEUTIQUE DU SOLEIL

Considérations générales. — Action résolutive et sclérogène. — Réactions de foyer. — Action éliminatrice, analgésiante, trophique. — Action sur le sang, sur la transpiration, sur le système nerveux central. — Processus de guérison. — Théorie de la congestion. — Théorie de l'action bactéricide de la lumière.

Considérations générales. — L'action locale du soleil est tout à fait restreinte, ses radiations chimiques n'ayant qu'une faible action pénétrante. Il n'en est pas de meilleur exemple que celui fourni par le lupus traité par la méthode de Finsen. Pour donner de bons résultats, cette thérapeutique nécessite la compression énergique des tissus, *afin de chasser le sang formant écran rouge.* Dès que la pigmentation apparaît, toute action thérapeutique cesse; *il n'y a donc pas d'action en profondeur.*

Dans les adénites, les arthrites tuberculeuses, le traitement par les rayons violets et bleus n'a pas encore, jusqu'ici, donné de résultats locaux bien positifs; d'ailleurs, la présence de l'écran sanguin, transformant les radiations de courte longueur d'onde en radiations calorifiques, rend peu vraisemblable une action directe des rayons chimiques sur les foyers morbides; *par contre, l'action thermique est plus évidente.*

C'est en excitant les moyens de défense, en agissant sur l'état général que le soleil guérit le tuberculeux.

Dans les climats secs et bien isolés, la tuberculose est rare; en pays arabe, comme l'indique Gillot, les indigènes échappent à la tuberculose malgré leur malpropreté, parce qu'ils vivent au grand air, au grand soleil et peu vêtus. Lorsqu'ils viennent en Europe, ils se tuberculisent facilement.

Action résolutive et sclérogène. — L'hyperhémie et la diapédèse leucocytique consécutive expliquent la résolution facile des exsudats, la disparition des infiltrations séreuses, des œdèmes, des fongosités articulaires, le tarissement des fistules qui se ferment[1], l'asséchement des plaies qui se cicatrisent.

« L'apport plus considérable de leucocytes, d'hématies crée, au niveau des régions insolées, un foyer de vie intense dans lequel le double phénomène d'apport sanguin et de stase sanguine crée un milieu défavorable aux microorganismes étrangers, mais favorable à la réparation des tissus» (Aimes[2]).

Cette action résolutive, si puissante du soleil s'exerce aussi sur les ankyloses qu'elle prévient ou qu'elle assouplit. Sous l'influence d'une vaso-dilatation et d'une phagocytose énergique, la transformation fibreuse des fongosités ne peut se faire; les observations de Rollier, Franzoni sont affirmatives à cet égard.

De même, les cicatrices sont réduites au minimum; plus de bourrelets kéloïdiens, de brides rétractiles, tout s'assouplit et s'aplanit sous la radiation solaire.

Par contre, le tissu conjonctif excité tend à réparer les pertes de substance et à faire du tissu de sclérose[3].

Le tissu osseux, à l'examen radiographique, présente l'aspect suivant : une disparition de l'atrophie osseuse et une surcharge de sels calcaires, une limitation nette des lésions persistantes, un processus reproductif proprement dit et de résorption secondaire (Rollier).

1. Le pus, lorsqu'il a des fistules, augmente les premiers jours mais devient plus fluide; il diminue ensuite rapidement et les trajets fistuleux, souvent multiples, se ferment définitivement en l'espace de quelques mois.
2. *Loc. cit.*
3. On sait que, d'après Lanelongue, les heureux résultats de la méthode sclérogène seraient dus à la phagocytose provoquée, d'où sclérose et cicatrisation.

Réaction de foyer[1]. — Sous l'influence du bain de soleil, au niveau des lésions tuberculeuses, ce qui frappe le plus souvent l'attention, ce sont des variations de volume se traduisant généralement par une augmentation.

On constate aussi fréquemment une transpiration localisée; les trajets fistuleux, tuméfiés sur leurs bords, laissent écouler au début un liquide séro-purulent abondant qui se tarit ensuite. Localement, la palpation donne la sensation d'une élévation de température; la peau est tantôt tendue, tantôt souple, suivant le caractère des lésions; le malade perçoit parfois des battements profonds au niveau des régions atteintes.

Ces réactions de foyer sont susceptibles d'apparaître en dehors de toute insolation directe, par la simple irradiation d'un segment du corps éloigné du foyer[2].

Action éliminatrice. — Les tissus insolés présentent la remarquable propriété d'éliminer les corps étrangers : *séquestres osseux*, *ganglions*.

En 1911, Rollier signalait l'observation de malades qui, sous l'influence de l'héliothérapie, avaient éliminé, l'un, son scaphoïde nécrosé; l'autre, six séquestres, provenant de nombreux foyers d'ostéites; tous deux avaient complètement guéri en un an.

Rien n'illustre mieux, dit de Quervain, le travail réparateur de la nature que l'expulsion des séquestres telle qu'elle se produit sous l'effet de l'insolation.

Pourvu que le séquestre ne soit pas situé trop loin de la surface, il se rapproche lentement du tégument et apparaît, petit à petit, dans l'orifice fistuleux élargi spontanément pour devenir de plus en plus superficiel, couché dans un lit de granulations saines, rouges, sécrétant une très petite quantité d'un pus de bon aspect. Ce lit de granulations se borde d'un liseré d'épithélium, prêt à achever la cicatrisation, laquelle est déjà terminée dans la profondeur au moment où le séquestre est expulsé définitivement.

Ce mode de réparation, qui n'est observé dans aucune autre circonstance, prouve que l'héliothérapie constitue un stimulant

1. Voir Guye : *Paris méd.*, 23 mai 1914.

2. La réaction de foyer se produit avec son maximum d'intensité pendant ou immédiatement après l'exposition au soleil; elle peut se maintenir de quelques minutes à plusieurs heures.

des plus efficaces des moyens de défense naturelle de l'organisme.

Sous les radiations solaires, les ganglions tuberculeux sortent de leurs coques fibreuses comme une noix de son brou, et tombent spontanément comme un fruit mûr, sans douleur aucune et en laissant une cicatrice à peine visible (Rollier).

Action analgésiante. — La cure solaire présente ce fait très particulier d'amener non seulement la disparition des douleurs spontanées, mais encore de la sensibilité à la pression.

Les coxalgies, les maux de Pott, les arthrites diverses, qui présentaient des contractures douloureuses à peine modifiées par l'immobilisation, sont soulagées après chaque séance d'insolation et, au bout de peu de temps, toute douleur et toute contracture ont disparu.

Les auteurs sont unanimes à signaler ces faits.

Action trophique. — La peau conserve toute sa souplesse et sa fermeté; les muscles voisins des articulations malades sont bien nourris et présentent rarement de l'atrophie, malgré l'immobilité.

Action sur le sang. — Nous avons vu déjà que la cure solaire augmentait le nombre des globules rouges et le taux de l'hémoglobine, que l'anisocytose et la poïkilocytose disparaissaient.

Quant à la formule leucocytaire, d'après d'Œlsnitz, elle paraît assez variable suivant les sujets.

En général, le nombre des globules blancs tend à augmenter au cours de la séance d'insolation; après, on observe tantôt une diminution, tantôt une augmentation ou un état stationnaire.

Les polynucléaires, les grands mononucléaires subissent une variation inverse; les leucocytes tendent à rétablir l'équilibre.

Au cours de la cure, la formule leucocytaire a une tendance progressive à baisser, ce qui se conçoit par suite de la disparition des toxines et des microbes.

Quant aux éosinophiles, ils s'accroissent dans les heures qui suivent les séances de cure solaire, et ils s'accroissent également au cours du traitement.

Ces modifications positives sont en rapport avec l'action favo-

rable du traitement solaire et s'observent chaque fois que les malades bénéficient de la cure (d'Œlsnitz)[1].

Action sur la transpiration. — La sudation est un phénomène profond, en rapport avec la circulation sanguine. Dans bien des cas, son apparition abondante et répétée contribue à l'amélioration; son action thérapeutique est explicable : Par les sueurs, sont éliminées des toxines, des déchets organiques, et cette évacuation de produits dangereux ménage les organes chargés de cette fonction : poumons, foie, reins.

Nous savons aussi, par un travail de Piery, élève de Poncet, que la sueur des tuberculeux élimine les bacilles de Koch, directement issus des organes sous-jacents; ce fait nouveau cadre avec ce que nous savions déjà de la *bactérieurie* et des *divers émonctoires* que l'organisme emploie pour éliminer les toxines et les germes pathogènes; il éclaire et élargit notablement le rôle de la sudation.

L'*élimination urinaire* est accrue aux environs de la troisième semaine de la cure. Malgat a signalé un phénomène assez particulier, c'est l'élévation du taux des urines, tandis qu'en même temps la pression sanguine s'abaisse. Les urines du jour dépassent souvent, chez les insolés, deux ou trois fois les urines de la nuit.

Action sur la nutrition. — L'insolation favorise les échanges azotés : sous son influence, le malade augmente de poids, fixe de l'albumine.

En réduisant les pertes de chaleur par rayonnement, le soleil favorise la nutrition sans surcharge alimentaire; il épargne ainsi le tube digestif.

Action sur le système nerveux central. — Les malades soumis à la cure solaire présentent généralement une euphorie remarquable; tous ceux que nous avons interrogés, pendant notre séjour au Congrès de thalassothérapie de Cannes, nous ont donné cette impression de gaieté et de bonheur de vivre.

Des enfants, nerveux et agités avant la cure, et qu'il était impossible de maintenir en place, restent pendant des heures au soleil, immobiles. La nuit, leur sommeil est calme et prolongé.

1. *Rapport au Congrès de Thalassothérapie de Cannes*, 1914.

PROCESSUS DE GUÉRISON

Théorie de la congestion. — Quand un malade est exposé au soleil, la peau réagit en s'hyperhémiant, mais cette congestion n'est pas que superficielle, elle se manifeste aussi dans la profondeur. Malgat a constaté que, chez les tuberculeux pulmonaires, à l'auscultation, on trouve des signes très évidents de congestion avec râles, toujours très nets, après un bain de soleil. Il en est de même pour les tuberculoses chirurgicales où la congestion est toujours très marquée[1]. La lumière réalise donc l'hyperhémie tout comme la méthode de Bier, et les résultats en doivent être incontestablement identiques, sinon meilleurs.

Mais comment agit l'hyperhémie dans ce cas? C'est là une question encore discutée. L'explication la plus simple est que l'afflux du sang, étant plus considérable, il y a un apport plus grand de phagocytes, et la guérison serait due à la phagocytose.

Hamburger considère l'alcalinité du sang et sa richesse en acide carbonique. Il attribue le résultat obtenu au long contact de ce sang avec les tissus lésés et infectés.

Pour Delagenière, l'hyperhémie provoque une sécrétion intense des enzymes par les leucocytes des parties malades, ce qui favoriserait la résorption des toxines et des microbes eux-mêmes.

Pour Heller, ce ne serait pas seulement le sérum bactéricide qui tuerait les microbes, mais la stase sanguine qui maintiendrait les microorganismes dans leurs propres toxines et permettrait ainsi leur propre intoxication.

A côté de ce mécanisme, lié à l'hyperhémie, nous pouvons admettre, par suite du relèvement de l'état général, une défense plus active de l'organisme, qui fabrique des leucocytes de meilleure qualité, capables de lutter avantageusement contre les microbes et leurs toxines.

Théorie de l'action bactéricide de la lumière. — Nous avons vu ce que pouvait valoir cette théorie. Si l'action bactéricide de la lumière n'est pas douteuse pour les rayons ultra-violets moyens, les rayons chimiques ultra-violets inférieurs, violets et bleus, ont une action bactéricide *in vitro* déjà très relative; *in vivo*, leur fonction stérilisante n'est nullement démontrée.

1. Voir chapitre *Réactions de foyer*.

Par contre, pour Wiesner, les radiations de grande longueur d'onde auraient un pouvoir plus bactéricide encore que les rayons de courte longueur d'onde.

Si cette opinion a été confirmée en partie par Ruoff[1], pour quelques espèces microbiennes, nous avons vu que d'autres microorganismes se développent, au contraire, avec prédilection sous les radiations rouges. *Dans tous les cas, ces phénomènes ont été observés* seulement *in vitro*, et ne nous permettent pas de conclure.

De Rieuzi, en 1895, avait montré l'influence manifeste de la lumière solaire sur des cobayes inoculés de pus tuberculeux. De ces animaux, divisés en deux lots, les premiers, exposés aux rayons solaires, moururent au bout de 34 jours, 46 jours, 59 jours, 89 jours; tandis que les seconds, gardés dans une obscurité relative, périrent au bout de 20 jours, 25 jours, 26 jours, 40 jours. Ces expériences ne préjugent en rien quant à l'interprétation du mécanisme curateur.

Dans la profondeur des tissus, la destruction des microbes paraît difficilement explicable. En effet, les bactéries s'y trouvent protégées contre la dessiccation et contre le choc des radiations; il faudrait, pour les atteindre et les détruire, des quantités très fortes et très pénétrantes, qui, tout d'abord, détruiraient les tissus périphériques.

Quant à compter sur une action élective des radiations sur les microbes dans les tissus, respectant ceux-ci, détruisant ceux-là (M. de Laroquette), aucune expérience décisive n'est venue confirmer cette hypothèse.

Le rôle bienfaisant joué par la radiation solaire est donc, avant tout, un processus d'ordre général; c'est parce qu'elle modifie le terrain que le malade guérit. Et, de fait, il est d'observation courante que, dans le traitement héliothérapique des tuberculoses externes, l'*amélioration de l'état local est secondaire à la reviviscence de l'état général, d'où il découle naturellement que l'héliothérapie, pour être efficace, doit être étendue à tout l'organisme sous forme de bains généraux.*

1. Voir *Action des radiations sur les microbes.*

CHAPITRE II

ROLE THÉRAPEUTIQUE DES RAYONS X

Action résolutive. — Action générale. — Action sur le sang. — Mode d'action des rayons X. — Action bactéricide. — Action sur le tissu lymphoïde et épithélioïde. — Action hyperhémiante et phagocytaire. — Autres mécanismes invoqués.

Destructeurs des cellules néoformées, les rayons X ont une action essentiellement locale, et l'évolution des lésions vers la guérison se fait généralement sans manifestations extérieures, sans phénomènes généraux.

Action résolutive. — Au point de vue des modifications locales, nous observons, avec les rayons X, à peu près les mêmes phénomènes qu'avec l'héliothérapie.

Sous leur influence, les tuméfactions ganglionnaires diminuent ; la périadénite se résorbe, laissant des ganglions mobiles, isolés, qui ne tardent pas à diminuer de volume pour devenir peu perceptibles, ne laissant à leur place qu'un noyau dur et fibreux, incapable de récidive.

Les ulcérations, les trajets fistuleux sans tendance à la guérison, se modifient rapidement ; une cicatrisation rapide apparaît, tout s'assèche et s'épidermise ; tout se régularise et s'aplanit, pour présenter, finalement, un aspect de peau souple, lisse, élastique et d'aspect esthétique.

Les chéloïdes pâlissent, s'affaissent, s'assouplissent avec une rapidité étonnante.

La structure des os se modifie ; la radiographie les montre densifiés, consolidés, reprenant leur structure normale. Action analogue, sinon plus remarquable, que l'héliothérapie sur les ankyloses (Bergonié et Redard). Sous l'action des rayons X, la restitution partielle et complète de la mobilité articulaire n'est

pas rare. Enfin, l'action analgésiante et la disparition des contractures est un des premiers bienfaits, signalé par le malade.

Action générale. — Le relèvement de l'état général apparaît progressivement, en suivant une marche parallèle à l'amélioration locale, les *rayons supprimant le foyer où s'élaboraient les produits toxiques.*

Iselin constate une augmentation de poids chez 80 p. 100 des sujets traités pour des tuberculoses ganglionnaires. Dans 72 p. 100 de ceux traités pour tuberculoses osseuses ou ganglionnaires, on constate un accroissement sensible.

Modification sanguine. — Le nombre des globules rouges est généralement peu modifié. A titre d'exemple, nous donnons la formule type suivante pour le début du traitement :

Hématies.	4.500.000 par millimètre cube.
Hémoglobine.	85 à 95 p. 100.

Le nombre des leucocytes est *augmenté*, d'ordinaire, au début de la cure; il diminue à mesure que la lésion rétrocède et que l'état général se relève.

Avant le traitement, on compte :

Globules blancs : 10 à 15.000 par millimètre cube, au lieu de 7.000. Au pourcentage : au lieu de 65 à 70 p. 100 de polynucléaires neutrophyles, on en trouve 80 à 95 p. 100.

Comme conséquence heureuse du traitement, on signale le retour des globules blancs autour de 7.000 et la disparition de la polynucléose. Les globules rouges sont un peu augmentés.

MODE D'ACTION DES RAYONS X

Le mécanisme thérapeutique des rayons X paraît assez complexe; il est généralement assez discuté.

Action bactéricide. — *In vitro*, l'action bactéricide paraît négative; expérimentalement, sur l'animal, les auteurs ont obtenu des résultats assez contradictoires.

En 1896, Lortet et Genoud inoculaient à une série de cobayes

des produits tuberculeux sous la peau de la région inguinale. Trois de ces animaux subirent des irradiations quotidiennes de la région inoculée. Au bout de quinze jours, tandis que les cinq animaux témoins présentaient de l'empâtement et des abcès ganglionnaires, les cobayes irradiés n'avaient ni abcès, ni périadénite, et présentaient seulement des ganglions inguinaux indurés. Au bout de trois semaines, on vit apparaître la suppuration chez les animaux témoins, tandis qu'on observait une réduction de volume des ganglions des trois cobayes traités.

En 1898, Muhsam[1] communiqua des résultats analogues.

Aubertin et Beaujard[2] ont retrouvé le bacille de Koch dans le tissu fibreux développé sous l'influence des rayons X.

Krall, par des inoculations et des cultures de ganglions irradiés, retrouve le bacille de Koch vivant en quantité considérable. Mais l'inoculation aux animaux montra cependant sa virulence atténuée.

Ghilarducci donne les résultats de ses expériences sur les animaux. D'après lui, les rayons X possèdent une action empêchante de l'extension du foyer tuberculeux, sans cependant pouvoir le stériliser complètement. Ayant inoculé des fragments de tissu tuberculeux après des irradiations de plus en plus prolongées, il constate que cette inoculation détermine des lésions d'autant plus graves que les produits d'inoculation ont été moins exposés à l'action des rayons X.

Pour Kienböck, on ne peut parler d'action bactéricide, surtout aux doses thérapeutiques.

Ces observations ne nous permettent pas encore de conclure sur l'action stérilisante des rayons X, l'atténuation de la virulence du microbe tenant peut être à d'autres processus, l'organisme multipliant ses moyens de défense à son égard.

Action sur le tissu lymphoïde et épithélioïde. — Les travaux de Heinecke, d'Aubertin et Beaujard nous ont appris la sensibilité si spéciale du tissu lymphoïde et des lymphocytes aux rayons X. Cette action élective sur ces cellules nous explique aisément l'action si heureuse de la radiothérapie sur les adénopathies et les lésions tuberculeuses diverses.

1. Voir la bibliographie très complète dans Schmerz : *Beitr. z. Klin. chir.* Tübing, 1912, t. LXXXI, p. 634-693.
2. Soc. de Biol., 1905.

On sait, en effet, que les éléments lymphatiques entrent dans une très large part dans la constitution du follicule tuberculeux, formé de *cellules géantes et de cellules épithélioïdes*.

Expérimentalement, les lymphocytes sont détruits par des doses relativement faibles de rayons X, tandis que les polynucléaires restent plus résistants.

De là, la conclusion que le tubercule, qui consiste essentiellement en cellules *lymphoïdes*[1], est voué à une destruction plus rapide par les rayons X que les tissus ambiants.

Le tissu infiltré de follicules tuberculeux représente un terrain vivant, manifestant son activité par la multiplication répétée de ses cellules en présence de l'agent bacillaire excitant.

Nous nous trouvons donc en présence de cellules jeunes[2], en karyokinèse active, rentrant dans la loi de Bergonié et Tribondeau; on ne peut s'étonner que les rayons de Rœntgen les détruisent avec prédilection.

A côté de ce rôle destructeur, les rayons X paraissent avoir une action toute différente sur les éléments cellulaires moins jeunes et moins fragiles que les cellules lymphatiques.

Pour des doses thérapeutiques moyennes, les rayons X semblent activer la vitalité des éléments cellulaires normaux et du tissu conjonctif en particulier qui, envoyant des travées dans tous les sens, étouffe ainsi par ses fibroblastes (Freund) le tissu lymphoïde restant et amène par ce processus réparateur une sclérose curative définitive.

Dans les mailles de ce tissu conjonctif néoformé, Aubertin et Beaujard, comme nous l'avons vu, auraient retrouvé le bacille de Koch; à côté de l'action destructive du tissu lymphoïde, il y aurait donc une action emprisonnante du bacille.

Baisch[3] a suivi histologiquement les étapes de ce mécanisme de régénération conjonctive; suivant le degré d'exposition aux rayons, il a vu les tubercules se désagréger.

Pour de faibles doses, les cellules géantes étaient conservées, puis, pour des irradiations plus fortes, elles disparaissaient, remplacées par du tissu fibreux.

1. Théorie de Metchnikoff.
2. Si l'on admet la théorie de Baumgarten sur le follicule tuberculeux, supposant que la cellule géante est le résultat de la prolifération de cellules fixes, le mécanisme est le même.
3. *Klin. Thérap. Woch.* Berlin, 1912, t. XIX, p. 613-620.

Le tissu tuberculeux des lésions osseuses étant constitué des mêmes éléments que celui des ganglions lymphatiques, le mode d'action des rayons X est le même, mais comme le tissu *tuberculeux osseux* est beaucoup plus sensible à l'action des radiations que le tissu normal, l'os sain n'est pas modifié par eux avec les doses employées communément.

Après une tuberculose guérie, la structure de l'os apparaît plus nettement; la faculté de néoformation osseuse ne semble pas être modifiée (E. Sommer)[1].

Action hyperhémiante et phagocytaire. — Freund explique le mécanisme curateur des rayons X par une hyperhémie analogue à celle de Bier. Stine, Schaltz, Guthrie invoquent une congestion intense et une diapédèse active.

Desplats[2] croit plutôt à une action stimulante ou excitante des rayons X sur les fonctions phagocytaires des tissus lymphatiques qu'à leur destruction.

Il invoque plusieurs faits à l'appui de cette opinion :

1° Si Heinecke, Aubertin et Beaujard ont montré la sensibilité particulière des éléments lymphoïdes vis-à-vis des rayons X, ils ont également indiqué que cette destruction était essentiellement éphémère, puisque quarante-huit heures après une application des rayons X à dose thérapeutique, le tissu lymphoïde serait réparé.

2° Cette destruction du tissu lymphatique ganglionnaire, à supposer qu'elle soit définitive, est-elle un phénomène heureux? L'hypertrophie ganglionnaire est un moyen de défense; en le supprimant, ne va-t-on pas créer des conditions favorables à l'invasion de l'organisme?

Nous pourrons répondre à la première objection que les rayons X agissent ici sur des cellules en croissance active, plus fragiles encore que des cellules lymphocytaires normales, et que les éléments nouveaux ne se reproduiront pas avec la même intensité, la destruction des premières cellules ayant entraîné la disparition partielle ou totale des agents irritants : le microbe et ses toxines.

Quant à la seconde objection, l'examen histologique nous

1. E. Sommer (Zurich) : *Rœntgentaschenbuch,* 1 vol. in-18 de VII-278 pages. Leipzig, Nemmich.
2. *Journ. des Soc. méd. de Lille,* 1912, t. I, p. 573 et 584.

montre que ces ganglions guérissent par transformation fibreuse et que, par suite, ils ne peuvent remplir leurs fonctions de filtre lymphatique. Si le tissu lymphoïde du ganglion n'était pas détruit et remplacé par du tissu conjonctif, le terrain du sujet ne changeant pas, nous aurions observé des récidives d'adénites, par suite de nouvelles infections du même ganglion.

Or, tous les auteurs sont unanimes à constater que ces récidives ne se sont jamais observées dans les ganglions directement traités.

Par contre, nous pensons que les rayons X peuvent, à côté de leur action destructive manifeste sur le lymphocyte, favoriser les fonctions phagocytaires, soit par excitation directe, soit plutôt par réveil des moyens de défense de l'organisme, lorsque l'état local s'améliore. Nous en donnerons pour preuve la modification locale, au cours de la cure héliothérapique, qui suit le relèvement de l'état général et ne peut s'expliquer que par un mécanisme indirect analogue.

Autres mécanismes invoqués. — Pour les Allemands, Werner, Hoffmann, Schulz, il faut faire intervenir des phénomènes chimiques : on sait que la destruction des leucocytes met en liberté une grande quantité de lécithine; d'autre part, l'irradiation de la lécithine entraînerait, en présence d'oxygène, la formation de produits de désagrégation, choline, tryméthylamine, acide phosphorique ou stéarique. Ces produits ont une action irritante sur les tissus au point qu'injectés ils déterminent rapidement des réactions inflammatoires, analogues à celles observées à la suite de trop fortes doses de rayons X.

De Quervain et Iselin, Schmerz[1] admettent l'action de ferments autolytiques, libérés par la destruction d'un grand grand nombre de cellules sous l'effet des rayons X.

Les recherches de Noël Fiessinger[2] sur les *lipases leucocytaires* donnent un appui sérieux à cette hypothèse.

Pour de Quervain, à ces différents mécanismes il faudrait encore ajouter l'influence favorable retirée par les malades, du passage du bacille de Koch dans le sang.

Sous l'influence des irradiations, ce microbe serait rendu

1. *Loc. cit.*
2. *Les ferments digestifs des leucocytes.* A Maloine, Paris, 1910. Extrait de la *Revue de la tuberculose*, juin 1910, p. 3.

inoffensif ou du moins sa virulence serait très atténuée: une auto-vaccination pourrait être ainsi réalisée. De Quervain s'appuie sur les recherches suivantes :

Paterson utilise des ganglions tuberculeux humains stérilisés comme vaccin antituberculeux.

Mc. Culloch [1] a communiqué un cas d'adénite tuberculeuse traité par les rayons X et dans lequel l'indice opsonique avait augmenté.

Enfin, Iselin a montré l'atténuation du bacille de Koch dans l'organisme vivant, sous l'influence des rayons X.

C'est, comme nous le voyons, par un mécanisme assez complexe que les rayons X exercent leur action; les diverses interprétations envisagées peuvent contenir une part de vérité. Mais le fait primordial et caractéristique de cet agent physique, c'est son action locale profonde sur les éléments lymphoïdes, opinion acceptée pour la plupart.

La radiation de Rœntgen agit uniquement là où elle frappe; des ganglions non irradiés, voisins d'une adénite traitée, ne subissent aucune régression.

1. *Lancet*, 26 janvier 1907.

QUATRIÈME PARTIE

TECHNIQUE GÉNÉRALE DE L'HÉLIOTHÉRAPIE ET DE LA RADIOTHÉRAPIE

CHAPITRE PREMIER

TECHNIQUE DE L'HÉLIOTHÉRAPIE

Principes de l'héliothérapie : L'exposition doit être *totale* mais *progressive*. — Importance de la température extérieure. — Renseignements cliniques permettant de diriger le traitement : Pigmentation, poids, température, pouls, respiration, pression artérielle, sang, réaction de foyer. — Indications pratiques de l'héliothérapie dans les tuberculoses osseuses et articulaires, dans les adénopathies tuberculeuses. — Contre-indications et accidents.

Principes de l'héliothérapie. — Il est peu de méthodes en apparence, qui paraissent plus simples à appliquer : Il suffit que le sujet soit exposé *nu* au soleil et présente la région malade aux bienfaisantes radiations.

Pratiquement, la technique héliothérapique demande cependant à être bien réglée et bien surveillée : des intolérances souvent invincibles proviennent d'une cure mal conduite.

1° *Un premier principe intangible* et qui découle de ce que nous venons d'exposer, c'est que l'héliothérapie, modificateur du terrain, accélérateur de la nutrition, doit *être totale*, c'est-à-dire s'étendre au corps tout entier du sujet; elle ne peut être efficace qu'à cette condition.

Toute exposition limitée à une portion du tégument est inef-

cace, la radiation solaire ayant une action locale directe toute superficielle.

Un des premiers, Rollier a signalé que le grand bain de soleil devait être préféré à l'héliothérapie locale; à l'heure actuelle, l'accord paraît fait sur ce point et, au dernier Congrès de thalassothérapie de Cannes (1914), tous les héliothérapeutes ont été unanimes à le reconnaître[1].

2° *L'exposition au soleil doit être progressive*[2]. — D'abord localisée, elle devient peu à peu générale. Elle devra toujours être précédée d'une période d'observation et d'acclimatation de quelques jours (une semaine environ), qui permet au malade de s'adapter au milieu nouveau. Cette période sera consacrée à faire un examen détaillé du fonctionnement général des organes du sujet : fonctions urinaires, fonctions digestives, fonctions circulatoires et pulmonaires, température; le malade sera pesé, on prendra son périmètre thoracique et sa capacité respiratoire.

Il sera alors soumis à l'action des rayons solaires; on l'exposera soit sur une galerie construite à cet usage, soit sur une terrasse, soit de préférence dans un jardin (Pascal).

Importance de la température extérieure. — L'insolation, dit Malgat, ne doit se faire que le thermomètre en main.

Il faut distinguer, d'après cet auteur :

1° Le *bain froid de soleil*, dans lequel la température extérieure est inférieure à la température du corps.

Ce bain agit par ébranlement nerveux, par suite de la déperdition de chaleur, ensuite par réaction circulatoire. Il oblige le malade à lutter contre la perte de calorique par des mouvements actifs; il est vaso-constricteur, il élève la pression artérielle et abaisse la température périphérique. Ce bain froid est d'ailleurs relatif, suivant la température du sujet : un bain chaud pour un sujet normal devenant un bain froid pour un fébricitant.

2° Le *bain chaud de soleil* est celui qui voisine avec la température du sujet. Son action est toute différente : il est vaso-

1. Voir rapports de Pascal, Armand Delille, d'Œlsnitz au Congrès de Thalassothérapie de Cannes, 1914.

2. Voir, pour les détails du traitement, A. Rollier : Uber die Sonnen Behandlung. *Zeitschr. f. Orthop. chir.*, t. XXXII, 1913, p. 337; Armand Delille : *L'héliothérapie*, monographie n° 75. Masson.

dilatateur, abaisse la tension artérielle, active la respiration, la circulation et élève la température périphérique. Au-dessus de 40 degrés, le bain de soleil doit être limité à dix minutes (Malgat).

Lorsque le thermomètre, au soleil, marque une température inférieure à celle du corps du malade insolé, celui-ci *rayonne dans le milieu ambiant*, conformément au principe de Carnot. Le sujet est alors exposé au refroidissement par perte de calories.

Il est donc contraint de suppléer à cette déperdition de chaleur[1] par une alimentation complémentaire. Si le sujet est en déficit fonctionnel (fébricitant), ce surcroît de régime est difficilement supporté et des accidents obligent à interrompre la cure. Le bain froid de soleil ne permet donc pas au malade de bénéficier du rôle d'épargne joué par la radiation calorifique (M. de Laroquette), ni de l'excitation organique qu'elle provoque. Les quelques propositions suivantes de d'Œlsnitz[2] confirment cette interprétation.

Cet auteur considère que la température la plus favorable du bain de soleil est celle qui voisine avec la température du corps; elle oscille entre 35 à 40 degrés.

Les écarts inférieurs et supérieurs sont inégalement supportés par les malades. Ils sont plus facilement supportés quand le malade s'adapte à la cure.

Les tuberculoses externes supportent mieux ces écarts que les tuberculoses viscérales[3].

Enfin, l'état général du malade influe beaucoup.

Si le sujet est faible, déprimé, il ne supportera pas les bains trop chauds[4] ou trop froids; s'il est vigoureux, il supportera mieux les grands écarts de température. Il faut aussi tenir compte des susceptibilités individuelles.

Morin n'admet pas cette division des bains chauds et des bains froids; il pense qu'on doit s'en rapporter aux impressions subjectives des malades beaucoup plus qu'aux indications thermométriques.

Rollier et Guye sont du même avis.

1. Voir plus haut, p. 130.
2. *Paris méd.*, 20 juin 1914.
3. Ceci se conçoit par suite de l'intégrité relative des divers systèmes.
4. Au-dessus de 50 degrés la plupart des malades réagissent défavorablement.

Lorsque la pigmentation est suffisante, les malades aguerris ne sentent presque plus les différences de température extérieure[1].

Renseignements cliniques permettant de diriger le traitement. — La cure solaire ne peut être rationnelle que si le médecin contrôle les réactions qu'elle détermine. Des phénomènes observés, il en déduira la durée du bain et pourra juger s'il doit continuer ou interrompre le traitement.

Pigmentation. — Un des premiers phénomènes sur lequel tous les héliothérapeutes ont attiré l'attention est la *pigmentation*.

L'empirique Rikli avait déjà constaté que, plus sont vives et complètes l'inflammation et la coloration de la peau, plus le malade a de chance de guérir ou tout au moins d'améliorer son état et *vice versa*, moins la peau brunit, moins le pronostic est rassurant.

Revillet[2] dit aussi que cette pigmentation serait le signal d'une amélioration prochaine et très sensible.

Nous avons constaté, dit également Rollier, que l'augmentation de la force de résistance du malade est presque toujours proportionnelle au degré de pigmentation.

Les blonds, moins riches en pigment, sont généralement moins résistants et guérissent moins vite que les bruns.

La différence est beaucoup plus sensible encore chez les blonds vénitiens, qui ne se pigmentent pas et chez lesquels, comme on le sait, le pronostic de la tuberculose passe pour être particulièrement défavorable (Landouzy).

Malgat a été frappé également de cette coïncidence : « Fait remarquable, dit-il, à proportion que la peau se pigmente, chez les tuberculeux insolés, on constate que leur force augmente et que leur état général s'améliore ; la marche dans la guérison est donc en rapport constant avec les progrès de la pigmentation[3] ».

Le professeur Landouzy insiste beaucoup sur cette réaction. « Nous possédons à cet égard, dit-il, une véritable posologie, et on n'a pas exagéré en proclamant que la pigmentation est le

1. Cela tient sans doute à ce que l'écran pigmentaire capte mieux les radiations solaires et permet au sujet de bien lutter contre les pertes de chaleur.
2. Milloz : *Thèse*, 1899.
3. Ceci montre bien le rôle insignifiant des radiations chimiques dont l'action tend à diminuer à mesure que la pigmentation augmente, toutes les radiations se transformant en chaleur.

baromètre de la cure solaire; elle a fortement contribué à faire sortir l'héliothérapie du domaine de l'empirisme. »

La peau pigmentée serait particulièrement résistante aux infections; l'acnée, les furoncles, les éruptions seraient rares sur les sujets fortement bronzés (Rollier).

P. Carnot a démontré que l'accentuation de la coloration pigmentaire de la peau, sous l'influence des rayons solaires, est un signe d'activité nutritive et fonctionnelle plus marquée. Les cellules pigmentées ont plus de vitalité que les cellules non pigmentées.

Cet auteur a réussi à greffer de la peau noire sur peau blanche, avec extension rapide du lambeau greffé; il a échoué constamment lorsqu'il a voulu greffer l'épiderme blanc sur peau noire, en employant la même technique.

Il conclut que si la tache noire augmente de dimension, c'est que les cellules noires se multiplient plus activement, ont une vitalité plus grande que les blanches et prennent leur place.

Dans la lutte vitale intercellulaire, la cellule noire l'emporte sur la blanche. La blanche, cependant, pourrait l'emporter sur la noire, si les animaux qui fournissent et ceux qui reçoivent la greffe n'ont pas la même vitalité.

Une greffe noire, prise sur un cobaye âgé et malade, transplantée sur une zone blanche chez un cobaye jeune et vigoureux, se développe d'abord mais ne tarde pas à rétrocéder jusqu'à disparition complète.

Une greffe blanche, prise sur un cobaye jeune et faite le même jour sur le même animal, évolue bien plus vite et persiste à l'inverse de la greffe de cellules vieilles.

Par contre, une greffe jeune, sur un porte-greffe vieux, se développe rapidement.

L'influence de l'état général du porte-greffe et du sujet greffé paraît également manifeste.

Deux greffes prises, l'une sur un cobaye tuberculeux, l'autre sur un cobaye normal, sont transplantées le même jour chez un troisième cobaye; la greffe du cobaye normal évolue; celle du sujet cachectique rétrocède au bout de quinze jours.

La pigmentation apparaît donc comme l'apanage des sujets capables de s'adapter à la cure solaire.

Les malades qui se pigmentent mal présentent, par contre, un

déficit fonctionnel général, qui les rend incapables de profiter du traitement[1].

M. de Laroquette partage cette manière de voir. Il rapproche le retard ou le refus de la pigmentation du retard ou du refus parfois complet de la sudation locale, qui s'observe chez certains malades, soumis au surchauffage lumineux; dans l'un et l'autre cas, il y a défaillance dans les réactions normales des tissus aux excitations du rayonnement; dans l'un et l'autre cas, le résultat thérapeutique paraît compromis; mais, cela ne signifie pas que la pigmentation ait une action thérapeutique directe et qu'il y ait entre elle et la guérison une relation de cause à effet.

La rapidité de la pigmentation, d'après d'Œlsnitz[2], varie dans de très grandes limites.

Pour tel sujet, la pigmentation atteindra son maximum au bout de quatre à six semaines et, en même temps, la progression de la cure aura pu atteindre ou dépasser trois heures de durée.

D'autres fois, la pigmentation est lente, s'ébauchant au bout de deux ou trois mois. Cela ne veut pas toujours dire que le sujet ne guérira pas.

Des malades peu pigmentés peuvent guérir parfaitement, car l'érythème persistant qu'ils présentent absorbe tous les rayons autres que les rouges et leur permet de bénéficier de l'action calorifique des radiations, si, par ailleurs, leurs autres fonctions organiques s'accomplissent bien.

Par contre, la valeur pronostique de la pigmentation n'est pas absolue; on peut voir des sujets très bien pigmentés ne pas guérir.

Poncet en a signalé des exemples. Doche (d'Arcachon), Pascal (de Cannes), citent des observations de sujets présentant un grand nombre de localisations osseuses fistulisées et qui, malgré une pigmentation intense, ne tardèrent pas à succomber.

La pigmentation[3] n'étant pas un signe constant, nous devrons nous adresser à d'autres réactions d'ordre général qui, comme l'a

1. Les cheveux des blonds foncent également au niveau des parties insolées (Pascal : *Loc. cit.*).

2. *Loc. cit.*

3. D'Œlsnitz a attiré l'attention sur les renseignements souvent inexacts des photographies pour juger de l'état de la pigmentation. Tel sujet, suivant les conditions dans lesquelles sont prises les photographies paraissant, noir ou blanc. (Comm. Congrès Cannes. *Paris méd.*, 20 juin 1914.)

montré d'Œlsnitz, ont une valeur pronostique autrement importante.

Poids. — Une cure solaire efficace doit provoquer une amélioration plus ou moins rapide de l'état général du malade. Le plus souvent, le poids augmente, mais quelquefois l'héliothérapie peut provoquer un amaigrissement momentaté du sujet traité; il ne faut pas qu'une semblable modification persiste et progresse.

On est autorisé à dire que toute cure solaire qui provoque un amaigrissement progressif du sujet, doit être suspendue ou ralentie.

Modification de la température, du pouls, de la respiration; éléments de posologie qu'on en peut tirer. — D'Œlsnitz a recherché, au cours d'un très grand nombre de séances réparties sur 25 sujets, les variations de ces divers facteurs sous l'influence de la cure solaire; des courbes observées, il en a tiré les remarques suivantes, qu'il a formulées sous quatre types différents :

Température. — 1° *Type observé au début des traitements solaires.* — Réaction immédiate : ascension thermique presque régulière au-dessus du chiffre initial. Réaction consécutive : tantôt au-dessus, tantôt au-dessous; *c'est la formule de flottement.*

2° *Type observé au cours des traitements normalement supportés.* — Réaction immédiate : ascension thermique par petits écarts. Réaction consécutive : baisse partielle de la température, qui reste légèrement au-dessus du chiffre initial; *c'est la formule d'équilibre et d'adaptation.*

3° *Type observé au cours de traitements trop intenses, mais cependant tolérés.* — Réaction immédiate : baisse thermique. Réaction consécutive : ascension thermique dépassant légèrement le chiffre initial par petits écarts; *c'est la formule inverse ou d'inadaptation.*

4° *Type d'intolérance à la cure, ou accident au cours de celle-ci.* — Réaction immédiate variable, mais le plus souvent en ascension thermique; quelquefois par grands écarts.

Réaction consécutive favorable, mais le plus souvent en ascension élevée par de grands écarts; *c'est la formule de déséquilibre ou d'intolérance.*

Modification du pouls. — 1° *Type observé au début du trai-*

tement solaire. — Réaction immédiate variable le plus souvent; augmentation du chiffre des pulsations, parfois diminution.

Réaction consécutive : tantôt augmentation de la rapidité du pouls, tantôt diminution.

En général, variation, par grands écarts; *c'est la forme irrégulière ou de flottement.*

2° *Type observé au cours d'une cure normalement supportée.* — Réaction immédiate : le pouls s'élève au-dessus du chiffre initial.

Réaction consécutive: le pouls s'abaisse au-dessous du chiffre initial; *c'est la formule d'équilibre et d'adaptation.*

3° *Type observé au cours d'une cure trop rapide ou trop intense.* — Réaction immédiate: baisse légère du chiffre des pulsations. Réaction consécutive : baisse progressive du pouls au-dessous du chiffre précédent par petits écarts; *c'est la formule inverse ou d'inadaptation.*

4° *Type d'intolérance à la cure ou accident au cours de celle-ci.* — Réaction immédiate: augmentation, parfois diminution du pouls par grands écarts.

Réaction consécutive variable, mais le plus souvent augmentation des pulsations au-dessus du chiffre initial et même de la réaction immédiate; *c'est la formule de déséquilibre ou d'intolérance.*

Modification de la respiration. — 1° *Type observé au début de la cure solaire.* — Réaction immédiate variable, augmentation ou parfois diminution du nombre des respirations avec grands écarts.

Réaction consécutive variable, soit augmentation, soit diminution du nombre des respirations avec grands écarts; *c'est la formule de flottement.*

2° *Type observé au cours d'une cure régulièrement supportée.* — Réaction immédiate: le nombre des respirations s'élève plus ou moins.

Réaction consécutive : le nombre des respirations s'abaisse par écarts moyens au-dessous du chiffre initial; *c'est la formule d'équilibre ou d'adaptation.*

3° *Type observé si la cure est trop longue ou trop rapidement progressive.* — Réaction immédiate : la respiration se ralentit légèrement.

Réaction consécutive : la respiration s'accélère, pour dépasser

par petits écarts le chiffre initial ; *cette réaction réalise la formule inverse ou d'inadaptation.*

4° *Type d'intolérance à la cure ou accident au cours de celle-ci.* — Réaction immédiate : la respiration s'accélère, quelquefois se ralentit par grands écarts.

Réaction consécutive : le nombre des respirations augmente le plus souvent pour dépasser la réaction immédiate ; *c'est la formule de déséquilibre ou d'intolérance.*

De l'examen régulier du tracé des réactions thermiques, circulatoires et respiratoires, nous pourrons être ainsi renseignés sur l'adaptation du sujet à une cure d'intensité et de progression déterminées.

La formule de flottement du début pourra être acceptée comme normale, quoique parfois elle soit régulière d'emblée ; en tout cas, elle devra se régulariser au bout d'un certain temps : *la formule d'adaptation est la règle dans toute cure normalement supportée.*

Si le type réactionnel s'écarte de cette formule, il conviendra d'être très prudent et de réduire l'intensité du traitement. Si c'est un simple accident, l'on reviendra à l'intensité première.

Si, au contraire, un type anormal d'inadaptation ou d'intolérance s'établit progressivement, il conviendra de ralentir ou même de supprimer momentanément ou définitivement la cure solaire.

« Ce ne sont point les chiffres absolus de la température, du pouls ou de la respiration qui doivent être en considération, mais bien plutôt le mode réactionnel qu'ils affectent au cours et après les séances de la cure.

« Ce n'est pas, à proprement parler, si le malade est fébrile, tachycardique ou dyspnéique, qu'il importe de savoir avant tout, mais bien dans quel sens et dans quelles mesures se modifient sa température, son pouls et sa respiration.

« Ainsi, contrairement à l'idée théorique acceptée, nous voyons tel malade fébrile diminuer sa température par un traitement solaire bien supporté, et tel autre, athermique, d'emblée réagir défavorablement en élévation thermique par l'héliothérapie » (d'Œlsnitz).

Modification de la pression artérielle. — Nous avons déjà dit que ces indications étaient assez imprécises ; cependant, d'après d'Œlsnitz si les variations des pressions maxima et minima

subissent une modification négative ou faiblement positive au début de la cure, il se produit, à mesure que le malade s'adapte au traitement, une tendance à l'accroissement plus marqué de ces pressions différentielles après chaque insolation.

Tout accroissement ou même toute modification trop considérable de la pression différentielle, au cours de la séance d'insolation, serait en rapport avec une intolérance plus ou moins marquée à la cure solaire, mais ce ne sont là que des indications encore imprécises.

Modification sanguine. — La numération des leucocytes peut, lorsque la formule dépasse la normale, indiquer la présence d'une rétention de pus. Au contraire, la chute du nombre des leucocytes est souvent en rapport avec l'évacuation d'un foyer suppurant mal drainé avant le traitement. Nous avons vu qu'en général, au cours de la cure solaire, la formule leucocytaire avait tendance à baisser. Enfin, l'augmentation des éosinophyles serait en rapport avec l'action favorable du traitement solaire[1].

Réactions de foyer. — Localement[2], sous l'influence de la cure, le sujet peut présenter des réactions de foyer intense, même à distance, qui doivent imposer la prudence dans l'application du traitement.

Indications pratiques de l'héliothérapie. — Pour que la cure solaire s'exerce dans toute sa puissance, il faut répudier tous les appareils plâtrés qui engaînent le tronc ou les membres, mettent les tissus sains et, *a fortiori*, les tissus malades dans des conditions de nutrition particulièrement défavorables. L'immobilisation plâtrée, dit le professeur Poncet, devient, dans les lésions bacillaires, un non-sens thérapeutique après avoir été un non-sens physiologique.

Rollier considère de même l'occlusion inamovible comme un pis-aller; il s'empresse, à l'arrivée de ses malades, de les délivrer de leurs appareils d'occlusion, et d'exposer leurs membres atrophiés et souvent macérés à l'action régénératrice du soleil.

L'immobilisation a, dans les lésions articulaires, des indica-

1. *Réaction à la tuberculine* : Au cours de la cure solaire, la cuti-réaction augmenterait d'intensité chez les malades réagissant favorablement, mais chez ceux qui réagissent mal, cette réaction est faible ou même régressive. Il y aurait là la possibilité d'un cuti-pronostic de la cure solaire (d'Œlsnitz).

2. G.-A. Guye : *Loc. cit.*

tions très nettes : douleurs, accidents aigus, menaces de suppurations, contractures, tendances à la déformation du membre, mais elle a, par contre, de nombreuses contre-indications. Si nous sommes en présence d'arthrites tuberculeuses à allure torpide, non douloureuses, sans tendance à la déformation du membre, sans lésion osseuse avancée, nous aurons tout intérêt à les traiter par le bain de soleil prolongé; on combattra les attitudes vicieuses par l'extension continue, qui permet l'insolation.

D'après Pascal[1], il semble que la vérité soit dans une juste appréciation des choses : l'aphorisme « hors de l'immobilisation, point de salut » ne doit plus être envisagé avec l'héliothérapie au sens absolu du mot.

Il faut s'entendre sur le terme immobilisation : Il paraît, en effet, impossible d'arriver au moyen d'une cure solaire à guérir une ostéo-arthrite tuberculeuse confirmée si, par un moyen déterminé, nous n'arrivons pas à mettre la région articulaire au repos pendant la période d'évolution.

Mais les moyens de contention présentent des degrés, depuis la simple extension continue, les attelles, la gouttière, jusqu'à l'appareil plâtré qui s'impose lorsque des subluxations, des attitudes vicieuses tendent à s'établir et encore, dans ce cas, ce moyen de contention peut-il être, le plus souvent, réduit au minimum par l'ouverture de fenêtres qui laissent passer les rayons lumineux.

Les divergences d'opinions tiennent à la difficulté qu'il y a à se faire une idée exacte sur le traitement d'affections qui demandent une moyenne d'*au moins deux ans* (Pascal) pour arriver à la guérison, et aussi sur la difficulté d'apprécier également l'action solaire, si différente suivant les climats.

Chacun juge, d'après les résultats obtenus, *avec son soleil* et a tendance à généraliser; c'est ce qu'il ressort de la discussion au récent Congrès de thalassothérapie de Cannes (1914), où l'entente sur ce sujet n'est pas parvenue à se faire[2].

Indications particulières dans les tuberculoses osseuses et articulaires. — *Pour le mal de Pott* : Les malades sont couchés, tantôt dans la position dorsale à plat, pour permettre l'insolation de

1. *Rapport au Congrès de Cannes*, 1914.
2. Voir rapports et communications de Casse, Andrieux, d'Œlsnitz, Vignard, Jaubert, Pascal.

la face antérieure (parfois position en hyperextension en plaçant un billot sous la colonne vertébrale), tantôt les malades sont mis sur le ventre, la racine des cuisses ou le siège fixé au moyen de bandes, le haut du tronc soulevé soit au moyen d'un coussin, soit par l'intermédiaire des coudes appuyés sur un plan résistant, de manière à permettre l'insolation de la face dorsale et le redressement progressif de la colonne vertébrale (procédé de Bampfield (1828) repris par Rollier).

De Quervain, Bier, et M[lle] Straube [1] pensent que cette méthode abrège la durée de l'affection.

Par contre, Menard ne la préfère pas aux autres méthodes. Ce procédé a l'avantage d'entretenir la musculature du dos, qui constitue un corset actif bien supérieur à un appareil de soutènement.

Pour la coxalgie : Extension continue sur un lit dur, avec brassières permettant la contre-extension sous les aisselles.

Il faut exposer directement les trajets fistuleux au soleil et éviter les pansements occlusifs.

Le tarissement des fistules, le bourgeonnement des plaies sont très rapides (en quelques semaines ou en quelques mois), mais la guérison des lésions profondes demande un temps beaucoup plus considérable *qui atteint deux ans, quelquefois plus.*

Pour la tumeur blanche du genou : Extension continue également.

La douleur s'atténue rapidement ; en quelques mois, on voit la tuméfaction et les fongosités disparaître.

Tuberculoses tibio-tarsienne et médio-tarsienne : Il suffit d'immobiliser le pied sur un coussin et d'empêcher l'équinisme par une petite gouttière postérieure ouverte en avant et latéralement.

Dans les arthrites du membre supérieur, il sera bon d'employer un appareil à traction comme pour les fractures du col de l'humérus.

Dans l'*arthrite du coude* et *du poignet*, une petite gouttière postérieure suffira à produire l'immobilisation.

Technique dans les adénopathies tuberculeuses. — Il semblerait à première vue, comme le fait remarquer Armand Delille, que les adénopathies tuberculeuses, surtout les adénopathies

1. Malades observés chez Rollier.

cervicales, qui en sont la forme la plus fréquente, ne soient pas justiciables de l'héliothérapie ou du moins qu'elles offrent une certaine résistance à ce mode de traitement, puisque du fait de leur développement superficiel et de leur siège au cou, elles sont habituellement en contact avec l'air et la lumière.

Il n'en est rien; l'héliothérapie agit efficacement sur elles; c'est bien *la preuve que le soleil n'agit pas directement sur les lésions sous-cutanées, mais indirectement en relevant l'état général par les bains étendus à l'organisme entier.*

L'héliothérapie pour adénites tuberculeuses devra donc être aussi large que possible.

Sous l'action du soleil, les ganglions présentent souvent une poussée congestive, puis se ramollissent rapidement, deviennent fluctuants, d'où la nécessité d'une évacuation au trocard pour éviter la fistulisation. Après l'évacuation artificielle ou spontanée, la période de fistulisation est très courte.

Contre-indications. — Les indications cliniques, fournies par le poids, la température, le pouls, la respiration, nous ont appris à régler méthodiquement la cure; de leurs renseignements, nous déduirons s'il faut interrompre ou continuer le traitement.

Mais il est des contre-indications absolues et immédiates. Il ne faut pas employer l'héliothérapie dans les cas de tuberculoses pulmonaires aiguës ou avec poussées congestives; en général, il faut être très prudent dans l'application du bain de soleil chez un tuberculeux pulmonaire.

Les affections générales intercurrentes interdisent le traitement, ainsi que la dégénérescence amyloïde, la granulie.

Les cardiaques devront être insolés avec grande prudence, mais il ne faut pas exagérer chez eux les dangers de la cure solaire.

Accidents. — Dermites solaires. — L'érythème trop intense accompagné de douleurs ne s'observe qu'au cours d'un traitement trop rapidement mené; il peut s'accompagner de phlyctènes et peut être suivi de desquamation.

Au début du traitement, on peut observer quelques symptômes nerveux, de la céphalée, de l'insomnie chez les adultes, de l'agitation nocturne chez les enfants.

On signale aussi parfois de la recrudescence passagère des douleurs.

Des troubles digestifs, inappétence, vomissements, sont quelquefois décrits. Ces divers symptômes s'observent surtout au cours de cures mal réglées.

Enfin, certains auteurs ont accusé l'héliothérapie de favoriser la généralisation et la méningite tuberculeuse.

De l'examen des statistiques, on ne constate pas que les sujets, atteints de tuberculoses locales et soumis à la cure solaire, présentent des généralisations bacillaires plus fréquentes que ceux qui ne sont pas traités par cette méthode.

Les rares accidents observés pourraient, d'après d'Œlsnitz, être parfois imputables à une cure solaire involontairement excessive.

CHAPITRE II

TECHNIQUE DE LA RADIOTHÉRAPIE

Radiothérapie générale, locale. — Technique dans les adénopathies, suivant les formes anatomiques. — Technique dans les ostéites et ostéo-arthrites tuberculeuses. — Contre-indications de la radiothérapie et accidents locaux et généraux.

Radiothérapie générale. — Nous ne dirons qu'un mot de ce procédé dangereux, aveugle et déconseillé à l'heure actuelle (Iselin).

Hermann Lawrence (de Melbourne) a établi la méthode suivante : il fait fonctionner plusieurs tubes en même temps sur des générateurs séparés. Le sujet, placé au centre, tourne de 90 degrés toutes les trois minutes, la face protégée par un masque de plomb. De cette manière, on peut diminuer la longueur des séances s'il s'agit de faire des applications généralisées[1]. Bergonié prétend qu'avec cette méthode, on provoque une vascularisation intense.

Radiothérapie locale. — La radiothérapie ayant une action directe, essentiellement locale, doit être limitée uniquement à la région que l'on désire traiter; il ne peut s'agir de traitement général avec elle. Pour agir en profondeur et épargner la sensibilité de la peau, nous avons vu qu'il fallait utiliser des filtres qui rendaient homogène le faisceau.

« Débarrassé des rayons mous, les plus absorbables, on comprend que la peau ne reçoive plus qu'une moindre fraction du rayonnement incident, et qu'ainsi se trouve réduit l'écart entre son absorption propre et les quantités absorbées par les tissus

1. L'application de cette méthode n'est pas sans danger sur le sang, dont elle détruit avec élection les éléments lymphocytaires.

sous-jacents. De là, la possibilité d'augmenter les doses dans une mesure notable en diminuant les risques d'altération cutanée » (Zimmern).

Lorsque le faisceau est filtré, les quantités transmises décroissent beaucoup moins dans la profondeur que quand il ne l'est pas, et cela d'autant moins que le degré radiochromométrique du faisceau incident est plus élevé.

Il faut, de plus, que la source radiogène soit élevée à 2 mètres de la surface cutanée (Holzknecht).

L'éloignement de la source radiogène réduit notablement l'énergie incidente; en pratique, les radiologistes dépassent rarement 20 centimètres.

L'épaisseur du filtre diminue aussi beaucoup l'intensité du faisceau et oblige, pour des filtres épais, à prolonger les séances.

Un autre moyen nous permet d'épargner la peau et d'agir plus activement en profondeur; c'est de *multiplier les portes d'entrée* des radiations en dirigeant successivement les rayons de façon à converger vers le centre d'une région, nous pourrons ainsi accumuler de fortes doses dans l'épaisseur des tissus.

Certains radiologistes (Freund, Bergonié), voulant au contraire exercer une action superficielle sur les téguments ou sur les plaies et les trajets fistuleux, n'utilisent qu'une filtration très réduite, et même n'emploient que des rayons non filtrés.

Nous allons envisager maintenant les méthodes les plus couramment employées.

Technique dans les adénopathies. — Méthode des petites doses. — La méthode consiste à utiliser 1 H., 2 H. ou 3 H. sans filtre, méthode peu recommandable, car elle comporte des risques pour la peau et ne provoque qu'une diminution très lente et très insuffisante des tumeurs ganglionnaires.

D'ailleurs, les faibles doses ne produisent pas de destruction des éléments cellulaires, mais déterminent plutôt une excitation de ceux-ci[1].

Méthode des doses moyennes ou fortes. — Voici la technique donnée par Béclère : Recourir à des doses de 4 à 5 H., tous les quinze jours ou trois semaines, utiliser des rayons 7 à 8 Benoist, l'ampoule étant à 20 ou 30 centimètres de la peau.

1. Expériences de Bonnet et Lazarus Barlow, sur les œufs d'ascaris, celles de Guilleminot et Cattley sur le bourgeonnement des plantes.

Employer des filtres de 1 à 5 millimètres d'épaisseur, suivant la profondeur des tumeurs ganglionnaires.

Lorsque cela sera possible, aborder les adénopathies par plusieurs côtés, ne pas limiter trop étroitement la région à traiter, des adénopathies au stade de début pouvant passer inaperçues.

Continuer le traitement le plus longtemps possible, mais lorsque les ganglions ont atteint le stade fibreux, ne pas chercher à obtenir davantage.

Au bout de cinq à sept semaines, on doit avoir une réduction de volume manifeste. Si, vers la douzième semaine, elle ne s'était pas produite, il n'y aurait plus guère à espérer de l'action des rayons (Zimmern).

Une technique analogue est utilisée en France par Desplats, Roederer, Barjon, et en Allemagne par Baisch.

Roques (de Bordeaux), n'utilise pas les mesures radiochromométriques.

Il classe ainsi les doses à appliquer :

Dose faible	$0^{mA},5$	10 à 20′	15 cm.
— moyenne. . .	$0^{mA},8$ à $1^{mA},3$	20 à 30′	15 cm.
— forte.	1^{mA} à 2^{mA}	20 à 50′	15 cm.

Il fait, soit une série de doses fortes alternant de vingt à vingt-cinq jours, en 1, 2 ou 3 séances; soit une dose moyenne tous les huit jours; soit une dose faible tous les jours.

Mahar[1], en l'absence de moyens de mesure précis, adopte comme dose moyenne celle qui résulte de l'exposition pendant dix minutes, à 20 centimètres du miroir anticathodique, d'une ampoule (Muller-Thérapie à eau, petit modèle) réglée pour donner des rayons 5 à 6 Benoist pour 1^{mA} à $1^{mA}2$, d'intensité, cette dose s'entend sans filtre; s'il est nécessaire d'en faire usage, on en tiendra compte pour la durée.

Les applications sont faites tous les douze ou quinze jours.

Technique suivant les formes anatomiques. — La conduite à tenir varie suivant les différents cas.

Formes suppurées. — Lorsqu'on est en présence d'une collection purulente ou caséeuse, les irradiations ne peuvent à elles

1. Congrès de médecine, Londres, 1913.

seules provoquer la résorption ; *le moindre point suppuré empêche les rayons X d'agir efficacement.*

Roederer, Bonnefous, Béclère, concluent dans le même sens.

Si le pus ou le caséum sont enlevés, la radiothérapie redevient active.

Les masses ganglionnaires indépendantes de la peau, ne présentant ni douleur ni rougeur, sont les plus favorables.

Barjon en conseille l'évacuation, suivie d'un lavage à l'huile gomenolée à 20 ou 50 p. 100 ou à l'huile iodoformée à 5 p. 500, voir même à la teinture d'iode.

On fait ensuite une application de 3 à 4 H. avec filtre.

En règle générale, il vaut mieux réserver les doses fortes pour le moment où la suppuration est tarie. Il est souvent nécessaire de faire plusieurs ponctions. La guérison par ce procédé est définitive sans trace de cicatrice.

Dans les formes avec inflammation péri-ganglionnaire. — On commence par essayer l'évacuation à l'aiguille, mais souvent elle ne réussit pas, à cause de l'épaisseur du pus. Une ponction étroite, au bistouri, est parfois nécessaire[1] ; on draine ensuite avec une petite mèche qu'on laisse en place deux ou trois jours. Puis on pratique les irradiations habituelles. La cicatrice n'est jamais chéloïdienne.

Dans les formes ulcéreuses fistulisées. — Bien nettoyer les clapiers, bien désinfecter les ulcérations, badigeonner avec de la teinture d'iode. Dans ces formes, il serait préférable de ne pas filtrer pour avoir des rayons mous, de façon à favoriser la cicatrisation des ulcérations et l'aplanissement des chéloïdes.

Kienböck recommande d'être très prudent dans ces types ulcéreux, car la peau, particulièrement sensible, ne supporte pas les doses normales.

Technique dans les ostéites et ostéo-arthrites tuberculeuses. — Le traitement employé par la plupart des auteurs est analogue à celui utilisé par la radiothérapie des adénites.

Iselin[2], dont l'expérience est déjà ancienne en ces sortes de choses, utilise des rayons filtrés par 1 millimètre d'aluminium ; la durée de la séance correspond au virage de la pastille de

1. Barjon, Baisch.
2. *Lannul. Klin. Vorträge.* Leipzig, 1913.

Sabouraud (5 H); on irradie le membre par plusieurs portes d'entrée; le traitement est répété toutes les trois ou quatre semaines. Iselin se contente généralement de trois à six séances.

Baisch[1], Bukett, Schede[2], Sommer[3], A. Weil[4] ont une technique à peu près semblable avec quelques variantes, portant sur la distance de l'anticathode (15 à 30 centimètres du tégument) et sur l'épaisseur du filtre, allant généralement de 5/10 à 1 ou 2 millimètres.

La plupart mesurent l'intensité du rayonnement à l'aide de la pastille de Sabouraud, *placée sous le filtre.*

Schmerz[5] filtre jusqu'à 2 millimètres, mais, suivant les cas, il fait des séances de vingt à soixante minutes avec 2 à 5^{mA} d'intensité, à des intervalles de trois à quatre semaines, ou bien, il opère par doses fractionnées (cinq à dix minutes), à trois ou quatre jours de distance, ou bien enfin, il fait des séances très courtes de six à dix secondes à 20^{mA}, tous les trois ou quatre jours. Dans les formes très tenaces, il combine les irradiations de longues durées à celles de courtes durées.

Hass Julius[6] fait un traitement assez intensif; il utilise un filtre de 2 millimètres d'épaisseur et applique de 8 à 10 H; il expose quatre côtés différents du membre aux rayons.

Presque tous les radiothérapeutes sont partisans, à l'heure actuelle, de la filtration qui permet d'atteindre le foyer profond, tout en épargnant la peau.

Freund (1908)[7], par contre, ne filtre pas et recherche la radiodermite superficielle :

« Ce que je considère, dit-il, comme nécessaire pour obtenir un bon résultat thérapeutique avec les rayons de Rœntgen dans l'ostéite tuberculeuse, c'est un vigoureux érythème. »

Cette pratique, conçue par Freund, est condamnée par presque tous les auteurs. Elle est dangereuse, prédispose aux radiodermites secondaires, télengiectasies, ulcérations, atrophies; elle est, en outre, inefficace.

1. *Loc. cit.*
2. *Zeistchr. f. orthop. chir.* Stuttgart, 1913, t. XXXI, p. 497 et 518.
3. *Rœntgentaschenbuch,* 1 vol. in-8 de VII-378 pages. Leipzig, Nemmich.
4. Liberge : *Th. de Paris,* 1913.
5. *Beitr. z. Klin. chir.* Tübing, 1912, t. LXXXI, p. 624 à 693.
6. *Zeitschr. f. orth. chir.*, t. XXXIII, 1913.
7. Congrès de Physiothérapie, Rome, 1908. *Ann. d'élect.-biol.*, avril 1908.

Désensibilisation de la peau. — K. Reicher et E. Lenz[1] ont observé que la peau anémiée par l'adrénaline est plus résistante vis-à-vis des rayons X que la peau normale ; il faut environ une quantité de radiations une fois plus grande pour déterminer un érythème.

Hass Julius préfère à cette méthode, qu'il considère comme peu pratique, la compression[2] exercée par une bande élastique de Bier, perméable aux rayons.

Sensibilisation des tissus profonds. — Schede (1913)[3], espérant sensibiliser les tissus malades aux rayons X, fait précéder la séance d'irradiations par un traitement diathermique.

Willms (1911)[4], Iselin[5], Sommer[6] recommandent la combinaison de la radiothérapie à la tuberculinothérapie, pour déterminer des poussées congestives au niveau des foyers tuberculeux, les rayons X agissant mieux dans ces conditions.

Contre-indications de la radiothérapie. — Les cas qui interdisent la radiothérapie des tuberculoses locales sont relativement restreints. *Certains malades, qui ne peuvent supporter l'héliothérapie par suite des réactions générales intenses qu'elle détermine, pourront, sans danger, être soumis à la radiothérapie,* tels certains cardiaques, nerveux, ou tuberculeux pulmonaires congestifs.

Il faut éviter le traitement radiothérapique au cours des périodes fébriles ; il faudra d'ailleurs rechercher l'origine de la fièvre, cette hyperthermie pouvant provenir d'une adénopathie à allure phlegmoneuse, franchement aiguë, liée à une association microbienne ; dans ce cas, elle relève du chirurgien d'abord. De même, on s'interdira l'application des rayons X dans toute infection générale extra-ganglionnaire ou articulaire. Lorsqu'il y aura coexistence de lésions pulmonaires avancées, de péritonite tuberculeuse, ou même lorsque la multiplicité des foyers osseux ou ganglionnaires aura affaibli le malade, on pensera avant tout à rétablir son état général.

1. *Deutsch. med. Woch.*, janvier 1912.
2. Méthode de *Gottwald-Schwaz*, 1909.
3. *Loc. cit.*
4. *Loc. cit.*
5. *Loc. cit.*
6. *Loc. cit.*

Accidents locaux. — La radiodermite tenant le plus souvent à des imperfections de technique doit être, à l'heure actuelle, exceptionnelle[1]. On redoublera de prudence lorsqu'on sera en présence d'une peau enflammée ou ulcérée ou bien ayant déjà été soumise à des irradiations antérieures.

Certaines régions seraient plus sensibles à l'action des rayons X; de Quervain et Iselin ont observé que la radiodermite avec ulcérations était plus fréquente au niveau de la moitié inférieure de la jambe, c'est-à-dire dans une région exposée aux troubles circulatoires; mais ces cas sont exceptionnels; sur un total de 800 malades soumis à la radiothérapie, ces auteurs n'ont pu signaler que neuf cas d'ulcérations tardives.

La séance de rayons X peut être suivie d'œdème au niveau de la partie traitée; c'est un phénomène essentiellement local, sans aucune gravité; il sera bon, toutefois, d'en avertir le malade (Roques).

Dans certains cas, il peut se produire un érythème d'apparition précoce, deux ou trois jours après l'exposition; il ne présente aucune gravité.

Une légère pigmentation[2] peut se manifester à la suite du traitement; elle disparaît en quelques mois.

On a accusé les rayons X d'avoir un effet retardant sur *la croissance des os*. Comme l'a montré Récamier[3], dans certaines conditions exceptionnelles, l'ostéogénèse peut être troublée et entravée; disons tout de suite que ces lésions ont été obtenues avec des irradiations intenses et prolongées, dépassant les doses thérapeutiques.

Sommer[4] dit que l'os sain n'est pas modifié par les rayons, avec les doses employées communément; la faculté de néoformation osseuse ne semble pas troublée. Enfin, le tissu osseux malade est beaucoup moins résistant que le tissu sain.

Schede[5] n'a jamais observé d'influence nocive sur les épiphyses.

Schmertz[6] émet une opinion analogue.

1. Barjon, sur 300 cas traités, n'a jamais observé de radiodermite sérieuse.
2. Surtout chez les sujets bruns, elle peut quelquefois s'étendre loin des points irradiés.
3. *Arch. d'Electr. méd.*, 1906.
4. *Loc. cit.*
5. *Loc. cit.*
6. *Loc. cit.*

Liberge, dans ses observations prises dans le service d'A. Weill, ne signale pas de lésions des cartilages de conjugaison à la suite d'irradiations de spinosa-ventosa, faites chez des enfants; il affirme que la croissance osseuse se fait normalement.

D'ailleurs, lorsque le cartilage de conjugaison ou l'épiphyse sont atteints par le processus tuberculeux, l'atrophie peut se produire en dehors de tout traitement radiothérapique. Mais, étant donné la localisation, aucun autre traitement n'aurait pu être plus conservateur. Le tissu malade est voué, quoiqu'on fasse à la mort, et l'édification osseuse ne se fera pas sur ce terrain.

Pour éviter tout reproche, chez l'enfant, il faudra se montrer très prudent et circonscrire, avec le plus grand soin, la région que les rayons devront frapper.

Accidents généraux. — Chez les sujets émotifs, après les séances radiothérapiques, on a signalé des céphalées, de la cardialgie, du tremblement et de l'angoisse.

S'appuyant sur des recherches expérimentales sur les animaux, Bergonié et Tissier, Rodet et Bertin-Sans, M^lle^ Ogus avaient prétendu que la radiothérapie pouvait donner lieu à des phénomènes de généralisation tuberculeuse.

Les animaux présentaient des septicémies bacillaires, tandis que les foyers locaux étaient améliorés.

Cliniquement, bien que les quelques faits suivants aient pu, à un examen superficiel, au début de la radiothérapie, jeter une note discordante, les statistiques sont venues plus tard en montrer l'inanité.

A la suite d'un cas rapporté par Valobra, en 1905, dans lequel un sujet avait présenté de la température et des accidents généraux, trois ou quatre heures après l'irradiation de ganglions tuberculeux, plusieurs médecins émirent l'opinion que les rayons pouvaient être dangereux et donner un coup de fouet à l'infection.

Kienböck a décrit également quelques phénomènes généraux : lassitude, élévation de température, leucocytose, succédant à un traitement par les rayons X, mais il en a bien indiqué le mécanisme.

Cette « fièvre de Roentgen » est liée à la résorption des produits toxiques dégénérés qui passent dans le sang; son appari-

tion ne doit pas faire interrompre le traitement, mais simplement diminuer l'intensité et la durée des irradiations. Avec les doses intensives, on produit des dégénérescences en masse qui peuvent donner lieu à des phénomènes toxiques. Ces réactions générales atteignent exceptionnellement des proportions menaçantes; néanmoins, il vaut mieux ne pas les provoquer inutilement et faire, chez les sujets affaiblis, anémiques, de petites doses de rayons[1].

Jacobœus a rapporté un cas de granulie pendant un traitement de rayons X.

Quadrome[2] publie un cas de pleurésie séro-fibrineuse comme complication du traitement radiothérapique.

Chez un malade de Vales, un tuberculome cérébral serait venu subitement assombrir le tableau clinique. A ces objections, d'ailleurs rares et mal établies, insuffisamment explicites sur l'état général antérieur du malade, sur le traitement appliqué, etc., Kienböck pense, avec la majorité des auteurs[3], que les cellules en résorption et en voie de dégénérescence ne doivent guère être en état de coloniser en nouveaux foyers et de produire des métastases. Cet auteur ajoute qu'un ganglion, en voie de régression, ne donnera guère lieu à tout un semis de bacilles tuberculeux virulents[4].

Ces faits exceptionnels de généralisation tuberculeuse ne sont-ils pas observés au cours des autres traitements médicaux ou chirurgicaux? N'observons-nous pas des accidents inattendus et graves chez les porteurs de lésions anciennes guéries?

Pourquoi chez les malades irradiés, n'y aurait-il pas de temps à autre quelques accidents de généralisation, observés chez les malades ordinaires.

Les statistiques montrent d'ailleurs l'innocuité du traitement radiothérapique :

Barjon, sur plus de 200 tuberculoses locales traitées dans son service, n'a jamais vu se produire d'accidents. Sur 300 cas de tuberculoses ganglionnaires, traités par les rayons X, jamais Iselin n'a observé de méningite ou de tuberculose miliaire aiguë.

1. Il ne faut pas confondre la fièvre de Rœntgen avec la fièvre ganglionnaire liée à un abcès réchauffé.
2. *Sem. méd.*, 1905.
3. Béclère, Barjon, Roques, Iselin et de Quervain.
4. Voir plus haut le chapitre sur le *Mécanisme thérapeutique des rayons X.*

Pour éviter toute surprise, Roques et Barjon conseillent de faire toujours un examen complet du malade, de façon à se rendre compte de l'état de ses différents viscères, de porter un pronostic aussi précis que possible, non seulement sur la lésion elle-même à traiter, mais encore sur l'avenir du malade lui-même, étant donné l'état de sa santé générale et de ses différents organes. Si le pronostic est sombre, établir une prudente posologie ou se refuser au traitement.

CINQUIÈME PARTIE

RÉSULTATS OBTENUS PAR L'HÉLIOTHÉRAPIE (ROLE DU MILIEU AMBIANT)

RÉSULTATS OBTENUS PAR LA RADIOTHÉRAPIE

CHAPITRE PREMIER

CONSIDÉRATIONS SUR LES EFFETS OBTENUS PAR L'HÉLIOTHÉRAPIE

Observations. — Statistiques. — Rôle du milieu ambiant : climat marin, climat d'altitude, plaine. — Où doit-on pratiquer l'héliothérapie? — Indications thérapeutiques fournies par le climat.

Avant d'exposer les résultats obtenus par l'héliothérapie, nous nous plairons à rendre hommage à ceux qui en ont ouvert le chemin et à qui de nombreux malades doivent la guérison. C'est avant tout à l'école lyonnaise, sous l'impulsion du professeur Poncet et ses élèves, protagonistes de la nouvelle méthode, que revient le mérite d'avoir montré que là où l'art chirurgical était souvent en déroute, le soleil était tout-puissant.

A leur suite, les médecins suisses de Leysin, de Samaden, de Davos, mettaient rapidement à profit les indications des savants lyonnais. Puis nous voyons signaler de la Riviera, d'Arcachon, de Berck, les heureux résultats de l'héliothérapie joints à la cure marine.

Parmi ces apôtres de l'héliothérapie marine, en France, nous signalerons MM. Jaubert et Vidal (d'Hyères); Bourcart, Vernet,

Dupaigne, Pascal, Revillet (de Cannes); Grinda, Borriglone, Roux, Monteuuis, Malgat, D'Œlsnitz, Chiais (de Menton); Festal et Doché (d'Arcachon); Claisse (de Biarritz); Ménard, Calvet et Andrieux (de Berck); pour citer ceux qui nous viennent à l'esprit.

Afin d'indiquer la marche générale du traitement héliothérapique, nous donnerons, à titre d'exemple, les quelques observations qui vont suivre. De l'examen des observations publiées par les héliothérapeutes, un principe commun se dégage : c'est l'amélioration constante de l'état général, suivie de la réfection locale; l'organisme rendu plus résistant devient capable de lutter avec plus de chance de succès contre les foyers infectieux locaux qui menacent sa vitalité.

L'héliothérapie agit si bien sur l'organisme tout entier, qu'elle est capable à distance de déterminer des réactions, hyperhémiques, congestives, etc., au niveau des foyers morbides non insolés[1].

« La tuberculose externe, on ne saurait assez le répéter, dit Rollier, n'est pas, comme on l'a cru longtemps, une maladie locale, relevant du traitement local seulement. Elle est avant tout et essentiellement une maladie générale pour laquelle il faut en tout premier lieu un traitement général... Son traitement visera donc, avant tout, à la complète réfection de ce terrain, c'est-à-dire à la reconstitution de l'organisme tout entier.

Observation n° 1 (*in* thèse de Rivier). — (*Résumé*)[2] :

P... H..., neuf ans. A l'âge de sept ans, extraction de plusieurs molaires, abcès dentaires, vomissements, amaigrissement, apparition de ganglions cervicaux six mois après. Cure aux Salins du Jura, bains, douches, eaux-mères en 1910, résultat médiocre; un ganglion déjà fluctuant s'est ouvert; les autres ont plutôt augmenté de nombre et de volume, au dire du père; cependant, légère amélioration après la cure de Salins. Etat général précaire, poussée fébrile et suppuration de plusieurs ganglions.

Arrivé à l'Institut marin, le 27 Juillet 1911. Enfant pâle. Ganglions cervicaux de grosseur moyenne, à peu près exclusivement localisés du côté gauche, plusieurs cicatrices à ce niveau. Un ganglion ulcéré et bourgeonnant du même côté. Ganglions axillaires bilatéraux. Ganglions inguinaux petits. *Héliothérapie progressive.*

Le 14 août : *L'état général est bon.* Les ganglions ont bien diminué.

1. Voir Guye : *Paris méd.*, 23 mai 1914.
2. Cure hélio-marine méditerranéenne. Lyon, 1911.

L'ulcération ganglionnaire du cou est presque tarie; la fistule après avoir beaucoup suppuré, s'est complètement fermée.

Le 23 août : *Toute plaie* étant guérie, on commence les bains de mer; durée à peine un mois pour amener la guérison des plaies.

Le 1er octobre : L'enfant part; toutes les lésions sont cicatrisées, les ganglions n'ont pas suppuré, ont tous *rétrocédé*; *durée totale* : soixante-cinq jours.

Observation n° 2 (*in* thèse de Rivier). — *Adénite cervicale suppurée.*

Marie L... Antécédent : père tuberculeux. Arrivée le 28 Juin 1911, hôpital Renée Sabran.

L'enfant présente de chaque côté, dans la région cervicale, une ulcération de la largeur de la paume de la main, suppurant abondamment; état général mauvais, violente céphalée. Traitement héliothérapique.

Le 2 août, très grosse amélioration.

Le 15 septembre, après 55 séances d'héliothérapie, les deux plaies sont considérablement réduites, à peu près sèches; léger degré d'empâtement.

Bon état général.

Durée trois mois et demi.

Observation n° 3 (*in* thèse de Rivier). — *Sacro-coxalgie fistulisée, héliothérapie, cicatrisation.*

Enfant de dix ans, Gabrielle D... L'enfant arrive le 14 juin à l'hôpital Renée Sabran, pavillon 1. Elle présente une sacro-coxalgie déjà ancienne et fistulisée, avec un gros empâtement de la région. Elle doit rester étendue, ne pouvant s'asseoir.

L'état général est médiocre. On commence l'héliothérapie le 15 juillet.

La fistule s'est réouverte sous l'influence du soleil, l'empâtement a un peu diminué. L'état général est très amélioré.

Le 15 août, la malade peut commencer à s'asseoir.

Le 15 septembre, l'enfant s'en va après un total de 71 séances d'héliothérapie.

La fistule est complètement sèche. Les tissus sont souples et l'interligne articulaire nettement perceptible.

Durée du traitement : deux mois.

Dans cette observation, l'état général paraît s'être relevé avant l'état local.

L'héliothérapie est particulièrement bien indiquée, lorsqu'il existe des foyers tuberculeux multiples, avec mauvais état général :

Observation n° 4 (*in* thèse de Rivier). — *Polyarthrites tuberculeuses*

suppurées, cicatrisation des lésions, amélioration fonctionnelle. (Résumé.)

Fillette de huit ans, Marie G... Tuméfaction nette des deux poignets, des deux coudes et du pied droit. Abcès prémalléolaire droit, impotence des bras.

Ponction d'un poignet et de l'abcès du cou-de-pied. Héliothérapie commencé le 10 avril 1911.

Le 15 juillet, les deux coudes sont encore tuméfiés, épaissis, mais sans œdème et sans sensation fongueuse; ils sont presque complètement en extension.

Le poignet droit est gros, avec une fistule sur son bord interne, et les mouvements conservés de moitié.

Le poignet gauche, encore un peu tuméfié, avec tendance à se dévier en main bote radiale.

Le cou-de-pied est sec ; il y a seulement, sur la malléole interne, une fistule qui coule légèrement.

L'enfant commence à se servir de ses bras; le coude droit a des mouvements d'une amplitude de 15 degrés et la supination se fait à moitié.

Le coude gauche n'a pas le mouvement de flexion, mais une supination assez étendue.

Les poignets sont très peu mobiles.

Au mois de septembre, le cou-de-pied est guéri. Les coudes, les poignets, sont encore un peu pâteux, mais déjà mobiles.

Le 8 octobre, le cou-de-pied est complètement guéri et n'a pas de limitation de mouvements. Les poignets sont secs et assez mobiles. Les coudes ont des mouvements de plus en plus étendus.

L'enfant a eu 120 séances d'héliothérapie. Présente une superbe pigmentation et un état général excellent.

Durée du traitement : six mois.

L'application uniquement locale de l'héliothérapie peut présenter des inconvénients, comme l'observation suivante nous le montre.

Observation n° 5 (*in* thèse d'Adrian)[1]. — *Coxalgie suppurée.*

Arthur S..., sept ans et demi, entre à l'hôpital pour scrofule-hérédo-syphilis ; il se trouvait, il y a un an, dans un état cachectique inquiétant : coxalgie au niveau de l'articulation coxo-fémorale gauche; cuisse en adduction et rotation externe.

Etat actuel : Au début de la cure, l'enfant a l'état général assez bon ; grosse bosse frontale saillante; dent d'Hutchinson.

Cuisse gauche en adduction : rotation externe. Au niveau du tiers moyen de la cuisse (face interne), fistule suppurante. Deux autres

1. *Th. Nancy*, 1913.

fistules vers la région rétrotrochantérienne. Augmentation massive du tiers supérieur du fémur.

Cure solaire à partir du début de juin.

A la troisième séance d'insolation, l'enfant, qui était soumis à un bain de soleil local, présente de l'érythème solaire au niveau des régions exposées. En même temps, il éprouve une vive céphalée et accuse pendant plusieurs heures une élévation de température qui atteint 38 degrés.

La cure solaire est interrompue pendant deux jours.

Comme les symptômes se sont amendés, la cure est reprise; cette fois l'enfant, *qui précédemment était habillé* et n'exposait au soleil que les membres inférieurs, n'est plus vêtu que d'un caleçon de bain de rivière. Il ne se produit aucun phénomène alarmant et, au bout de quelques jours, l'enfant prend le bain de soleil complet. Vers la fin de la cure, on note qu'une des deux fistules de la région trochantérienne est fermée. L'enfant a beaucoup gagné, relativement à son état antérieur au point de vue général.

Poids : 2 juin, 17 kilogr.; juillet, 17 kilogr. 500; août, 17 kilogr. 600; septembre, 18 kilogr. 250.

Le bain *local* peut donc mettre les malades en état d'infériorité manifeste, alors que les sujets presque nus supportent sans difficulté la cure.

Ces accidents ont une explication physiologique assez simple.

Nous avons vu que le bain de chaleur *local* déterminait des réactions sympathiques, des phénomènes vaso-moteurs, étendus à toute la surface du corps; qu'il suffisait d'exposer l'avant-bras aux rayons calorifiques, pour qu'aussitôt le sujet présentât une abondante sudation. Si, dans ces conditions, l'évaporation s'effectue mal, par suite de la présence des vêtements, la température centrale tend à s'élever et nous assistons aux accidents du coup de chaleur : céphalée, malaise, élévation de température.

L'application locale de l'héliothérapie est inefficace sur les lésions tuberculeuses profondes.

L'observation suivante, prise dans la thèse de Rivier, nous en donne une preuve.

Observation n° 6 (*in* thèse de Rivier). — *Adénite cervicale suppurée.*

Joseph G..., onze ans. Adénites cervicales multiples, curettées le 8 février.

L'enfant arrive, le 28 février, à l'hôpital Renée Sabran; on commence l'héliothérapie sur le côté gauche seulement.

Le 19 mars, le côté gauche, insolé, est cicatrisé; le côté droit, non insolé, est en voie d'amélioration, mais présente encore une ulcération de la dimension d'une pièce de un franc; celle-ci, insolée à partir

de ce moment, se cicatrise en dix à quinze jours. *Il ne semble pas que le traitement ait une action sur le volume des ganglions.*

L'amélioration constatée du côté non traité peut s'expliquer par le relèvement de l'état général, sous l'influence de l'air marin ; mais du côté insolé, l'influence directe et hyperhémiante du soleil a favorisé, d'une façon plus active, la cicatrisation.

Enfin, si les ulcérations se sont fermées, les *ganglions n'ont pas diminué de volume*, parce que la radiation solaire n'a pas d'action profonde directe et que le rôle trophique général du soleil ne peut s'exercer.

Statistiques des résultats obtenus par l'héliothérapie. — Revillet, à l'asile Dolfus, à Cannes, donne la statistique suivante :

FORME DE LA TUBERCULOSE	NOMBRE DE CAS	GUÉRIS	AMÉLIORÉS	SANS RÉSULTAT
Mal de Pott	63	27	26	10
Coxalgie	94	38	50	6
Tumeurs blanches des autres grandes articulations : coude, genou, coude-pied	82	35	40	7
Caries osseuses multiples	70	42	23	5

La statistique suivante, de Rollier[1], à Leysin, porte sur un beaucoup plus grand nombre de malades ; elle est particulièrement intéressante.

	NOMBRE DE CAS	GUÉRIS	AMÉLIORÉS	STATIONNAIRES	MORTS
Mal de Pott sans abcès	52	44	7	»	1
— avec abcès	28	25	1	1	1
— avec infect. secondaire.	14	7	3	2	2
	94	76	11	3	4
Tuberculoses du bassin :					
Sans infection secondaire	9	6	3	»	»
Avec infection secondaire	10	2	»	3	5
	19	8	3	3	5
Coxalgie sans abcès	39	36	3	»	»
— avec abcès	18	15	2	1	»
— avec infection secondaire.	24	8	6	3	7
	81	59	11	4	7

1. Publiée par Witmer en 1912.

	NOMBRE DE CAS	GUÉRIS	AMÉLIORÉS	STATIONNAIRES	MORTS
Gonarthrite sans abcès	50	46	2	2	»
— avec abcès	9	7	2	»	»
— avec infect. secondaire.	8	6	1	1	»
	67	59	5	3	»
Tuberculose du pied :					
Sans abcès	14	13	1	»	»
Avec abcès	10	8	»	1	1
Avec infection secondaire	21	16	4	1	»
	45	37	5	2	1
Tuberculose de l'épaule :					
Sans abcès	2	2	»	»	»
Avec abcès	2	1	1	»	»
Avec infection secondaire	3	»	3	»	»
	7	3	4	»	»
Tuberculose du coude :					
Sans abcès	3	2	1	»	»
Avec infection secondaire	8	7	1	»	»
	11	9	2	»	»
Tuberculose des mains :					
Sans abcès	4	2	1	»	1
Avec abcès	1	1	»	»	»
Avec infection secondaire	6	3	1	1	1
	11	6	2	1	2
Spina ventosa :					
Sans abcès	3	2	»	»	»
Avec abcès	3	3	»	»	»
Avec infection secondaire	12	11	1	»	1
	18	16	1	»	1
Ostéite pure	20	16	4	»	»
— infectée secondairement	30	26	2	1	1
	50	42	6	1	1
Adénite sans abcès	28	24	3	»	1
— avec abcès	16	16	»	»	»
— avec infection secondaire	24	21	3	»	»
	78	61	6	»	1

La durée moyenne du traitement héliothérapique varie suivant la localisation de la tuberculose dans des proportions étendues.

La cure dure environ de deux à huit mois pour les adénites et les spina-ventosa, suivant qu'il y a ou non suppuration. Elle

est de six à douze mois pour les ostéo-arthrites du poignet, du coude ou de l'articulation tibio-tarsienne.

Il faut compter de dix-huit à vingt-quatre mois pour une tumeur blanche de l'épaule ou du genou (Pascal)[1].

Enfin, une moyenne de trois ans, pour une coxalgie ou un mal de Pott (Pascal).

Climat marin. — Dans le traitement héliothérapique, le soleil n'est pas tout; avant la pratique du bain de soleil, on guérissait les tuberculoses chirurgicales et l'héliothérapie n'a pas produit, comme certains le croient, une révolution dans la cure de ces affections.

Si l'on compare les résultats obtenus à Berck, par la cure marine simple, par exemple avant l'apparition de l'héliothérapie, on constate que les résultats sont analogues à ceux donnés par le soleil.

« Si nos propres statistiques se sont légèrement améliorées depuis que nous avons recours au soleil, dit J. Andrieux[2], leur sens général est le même et l'héliothérapie n'a pas été pour nous une révolution. C'est qu'en effet, l'héliothérapie agit de la même façon que le climat marin, car il est impossible de ne pas être frappé par la similitude des résultats de l'une et de l'autre. »

Les recherches du professeur Robin[3] nous montrent, en effet, que l'action du climat marin est d'exciter l'appétit, d'augmenter le nombre des globules rouges, d'activer les fonctions respiratoires, la diurèse, les échanges azotés, de diminuer la déminéralisation, de mieux utiliser le phosphore alimentaire et d'augmenter la consommation des matières albuminoïdes[4].

Climat d'altitude. — La simple aérothérapie en montagne et l'influence climatérique modifient profondément les échanges organiques en dehors de toute intervention solaire. L'hyperglo-

1. *Loc. cit.*
2. *Rapport au Congrès de Thalassothérapie de Cannes*, 1914.
3. Congrès international de Thalassothérapie de Biarritz, 1913.
4. Caractères physiques de l'air marin : richesse en Chlorure de sodium. A 60 kilomètres en pleine mer, A. Gautier en a trouvé 22 milligrammes par mètre cube, et de 5 à 15 milligrammes à 20 mètres du rivage.

L'iode est douze fois plus abondant que dans l'intérieur des terres : il en est de même du brome et de la silice. L'air est remarquablement pur, absence de poussière; à 100 kilomètres en pleine mer, on ne trouve pas un microbe par mètre cube (Miquel et Moreau).

bulie[1], l'augmentation des combustions, l'augmentation de l'appétit, l'action sédative, sont d'observations courantes, tous phénomènes contribuant à la guérison des tuberculoses locales.

La plaine. — En plaine même, le simple changement d'air, le séjour à la campagne pour des citadins, agit sur l'état général et modifie les lésions.

Le soleil, dans la cure héliothérapique, apparaît donc comme un élément adjuvant précieux, mais qui agit surtout bien parce qu'il est en synergie avec les autres moyens physiques fournis par le milieu ambiant.

Où doit-on pratiquer l'héliothérapie? — *Ces considérations nous montrent donc que l'héliothérapie peut se pratiquer partout* où l'air est suffisamment pur, dépourvu de brume et de pous-

1. L'hyperglobulie d'altitude est un phénomène encore mal interprété. Constatée la première fois par Viault (*a*), elle est due, pour cet auteur, à une division plus grande de l'hémoglobine, répartie en un plus grand nombre de globules, offrant par conséquent une surface plus grande à l'oxygénation.

Egger, de Bâle (*b*), Mercier interprètent dans le même sens.

Par contre, Mosso (*c*), Gluglietti (*d*), Ambard, Lapicque, Foa (*e*), Ar. Delille, Abderhalden arrivent à la conclusion que cette polyglobulie n'est qu'apparente et est due à la présence plus grande de globules rouges à la périphérie.

Kuss et Davesne, par ponction du sang dans le cœur des cobayes, n'arrivent pas non plus à déceler une néoformation globulaire importante.

Enfin, ces dernières années, des recherches nouvelles semblent avoir fait triompher l'hypothèse de Viault :

Pour Guillemard et Moog (*f*), Koranyi (*g*), la néoformation d'hématies serait le mécanisme par lequel l'économie s'adapte à la vie raréfiée.

Laquer a également observé que les chiens saignés de la moitié du volume de leur sang récupéraient leur perte en quinze jours à la montagne, et vingt-huit jours à la plaine.

L'accélération de la circulation, observée au début du séjour à l'altitude, tient à l'accélération de la respiration lorsque la polyglobulie n'est pas établie.

L'augmentation de la pression artérielle est également temporaire.

L'accélération de la respiration, en dehors de l'adaptation, se manifeste seulement dans l'effort.

L'élimination de l'eau par les poumons serait plus grande, par suite de la sécheresse de l'air.

Le CO^2 exhalé serait augmenté, les combustions organiques étant activées par le séjour à la montagne (Jacquet de Bâle 1906).

(*a*) *C. R. A. S.*, 8 décembre 1890; 2 décembre 1891.
(*b*) Congr. ann. Soc. sc. suisse, septembre 1880.
(*c*) *Arch. Ital. biol.*, t. XXVI, 1896.
(*d*) *Gazette des Eaux*, 1903.
(*e*) *Arch. Ital. biol.*, t. XLI, 1904.
(*f*) *C. R. A. S.*, 13 décembre 1909.
(*g*) *Gazette des Eaux*, 1910, p. 96.

sière. Elle peut être appliquée partout, pourvu que la température ambiante permette d'exposer le malade nu, chaque jour au soleil et pendant un temps assez prolongé.

L'héliothérapie est possible *en plaine*, comme le prouvent les résultats intéressants obtenus par Hervé, au sanatorium de la Motte-Beuvron; par Dufour, à Paris, qui a pu faire, pendant l'été de 1911, particulièrement ensoleillé, des traitements héliothérapiques dans son service de l'hôpital Broussais; et par Ar. Delille, qui a pu traiter dans le service de Barbier, à l'hôpital Hérold, une fillette atteinte d'adénopathie, en lui faisant la cure solaire sur les terrasses de l'hôpital.

Poncet et Leriche[1] ont signalé, les premiers, les heureux résultats obtenus dans la plaine lyonnaise et à Lyon même.

Un grand nombre de nos malades, disent-ils, ont tiré profit du séjour à la mer ou à la montagne, mais la majorité d'entre eux se sont insolés à Lyon même, la cité des brumes, où dans la campagne lyonnaise, et un de nos plus surprenants résultats a été paradoxalement obtenu au cinquième étage d'une maison ouvrière, située en plein centre et ne recevant le soleil que dans l'après-midi.

A l'altitude, l'héliothérapie se fait dans des conditions plus favorables encore : l'atmosphère est pure, sans fumée, sans poussière ni germe bactérien; l'air est sec, les brouillards disparaissent l'hiver au-dessus de 1.000 mètres, dès que les neiges sont tombées, mais cet air est froid[2], rendant souvent difficile l'application du bain général.

Le nombre des heures de soleil est limité par un horizon borné et assez souvent par la présence de nuages. La lumière du ciel est peu abondante; toutes conditions qui, pendant l'hiver, rendent difficile la cure solaire prolongée et continue.

Ces inconvénients ne sont pas rachetés par la plus grande

1. *Gaz. des hôpitaux*, 17 octobre 1912.

2. Par suite de la faible température extérieure, l'air soustrait une grande quantité de rayons calorifiques aux objets environnants; par conséquent, dans le même temps que le corps du malade absorbe des rayons calorifiques, il dégage et perd, en raison de la loi d'équilibre thermique, une certaine quantité de chaleur moléculaire. Le régime d'adaptation à ce bain *d'air froid* ne peut se faire que par des contractions musculaires, *des mouvements*, afin de compenser les pertes calorifiques. Une cure de tuberculose osseuse ne le permet souvent pas, ou bien il est nécessaire de couvrir le malade, qui se trouve ainsi privé du bain général. Les réactions organiques de ce *bain froid* de soleil sont d'ailleurs toutes différentes de celles du *bain chaud* de soleil.

abondance de rayons lumineux directs. Cette abondance, comme nous l'avons vu, présente peu ou pas de différence avec l'intensité lumineuse, à la plaine ou à la mer, dans un air pur.

A la mer, l'héliothérapie présente toutes les conditions avantageuses pour être efficace : c'est, d'une part, le climat marin et la possibilité de la cure marine, modificateurs déjà suffisants des tuberculoses chirurgicales et auxquels de nombreux malades doivent la guérison; c'est, d'autre part, l'insolation pratiquée avec son rendement maximum surtout dans les régions méridionales françaises; l'air y est aussi pur qu'à la montagne; la cure solaire peut être prolongée *chaque jour beaucoup plus longtemps* qu'à l'altitude[1], car l'horizon est sans bornes; la lumière du ciel y est au maximum; le ciel y est souvent plus serein; le miroir marin réfléchit, en plus grande abondance, les radiations lumineuses que les champs de neige et les glaciers[2].

Enfin, la température de l'air ambiant offre une constance remarquable, due à l'humidité relative et au grand réservoir calorique, représenté par la mer; le malade se trouve dans des conditions infiniment favorables pour subir une cure solaire prolongée.

La température extérieure étant chaude ou tempérée, l'air absorbe beaucoup moins de rayons calorifiques qu'à l'altitude et, par suite, le corps dégage peu ou pas de chaleur moléculaire; le rayonnement solaire arrive au malade presque intégralement au point de vue calorifique (M. de Laroquette)[3].

Plongé dans un air échauffé, se trouvant dans un état d'équilibre voisin de celui de la température ambiante, le malade est dans les meilleures conditions pour prendre le *bain chaud de soleil et absorber des radiations thermiques.*

Il n'est pas obligé de réparer ses pertes calorifiques, en accroissant son régime alimentaire; il peut, par conséquent, même s'il est en déficit organique, s'adapter plus facilement aux bains généraux de soleil qu'à la montagne[4].

Indications thérapeutiques fournies par le climat. — Ces particularités climatériques, propres à l'altitude et à la mer, ne

1. Voir chapitre *Rapport des radiations.*
2. *Ibid.*, expérience de von Schrotter.
3. *Arch. d'Elec. méd.*, 1902, p. 82.
4. Voir plus haut, chapitre *Importance de la température extérieure.*

doivent pas nous faire contre-indiquer l'une à l'exclusion de l'autre; en effet, chaque région présente des indications particulières, surtout lorsqu'une localisation viscérale complique la tuberculose osseuse.

Les malades atteints de lésions pulmonaires sans hémoptysie, ni fièvre, ceux ne présentant pas de lésions cardiaques, seront dirigés vers la montagne.

On enverra de préférence les sujets lymphatiques, tuberculeux ganglionnaires, scrofuleux, à la mer et sur le littoral de la Manche.

Les malades atteints de lésions pulmonaires à tendance congestive, les fébricitants seront dirigés sur le littoral de l'Atlantique ou de la Méditerranée.

CHAPITRE II

RÉSULTATS OBTENUS PAR LA RADIOTHÉRAPIE

Adénopathies. — Tuberculoses osseuses et articulaires. — Statistiques.

Adénopathies. — Les nombreuses observations cliniques de ces dernières années ont confirmé les expériences des premiers expérimentateurs et, à l'heure actuelle, la radiothérapie apparaît comme le traitement de choix de la tuberculose ganglionnaire.

Les faits ont nettement mis en évidence, non seulement le rôle destructeur des rayons X, vis-à-vis des follicules tuberculeux, mais encore son action élective sur le tissu lymphoïde, et les travaux d'Heinecke, d'Aubertin et Beaujard ont fortement contribué à donner confiance à la nouvelle méthode.

C'est en Amérique qu'ont été faites les premières tentatives de traitement des ganglions tuberculeux. Williams (de Boston), Pusey (de Chicago), en 1902, Varney [1], en 1903, Rodman et Pfahler, Childs [2], publient les premiers cas d'adénites traitées avec succès par les rayons X.

Bergonié (de Bordeaux) [3], en 1905, publie quatre cas d'adénopathies traitées efficacement par les rayons X.

Puis arrivent successivement les mémoires de Hendrix (de Bruxelles) [4], ceux de Redard et Barret, en 1905 [5], et les observations de Ferrand et Krouchkoll [6].

Dès cette époque, Béclère publie ses importants travaux sur le traitement radiothérapique des lymphadénies et des leu-

1. *Journ. of. Amer. Ass.*, 6 juin 1903.
2. *Méd. News*, 1903, t. LXXXII, p. 145.
3. *C. R. A. S.*, mars 1905.
4. *Soc. belge de Chir.*, 1905.
5. Congrès de tuberculose, 1905.
6. *Gaz. des hôpitaux*, 20 juin 1905.

cémies[1]; il cite en particulier deux cas, dans lesquels il a vu nettement l'action favorable de la radiothérapie s'exercer sur les adénopathies intrathoraciques et faire disparaître complètement les symptômes médiastinaux.

La thèse de Rœderer, en 1906, et l'importante publication de Barjon, 1906, consolident encore cette opinion.

Enfin, au Congrès international de physiothérapie, en 1910, Kienböch, en un rapport fort remarqué, communique ses nouvelles observations sur le traitement des adénites bacillaires, plus spécialement des adénites suppurées fistulisées.

Les nouvelles observations de Desplats, Barjon, Jaugeas, Gontier, le rapport de Roques au Congrès français pour l'avancement des sciences de Nîmes, août 1912, ont contribué à perfectionner la technique radiothérapique, tant au point de vue des rayons filtrés que des moyens adjuvants capables d'accélérer la guérison.

On peut intervenir par la radiothérapie à tous les stades de l'évolution des adénopathies; chaque forme réagit d'une façon particulière aux radiations.

Dans les adénites simples non suppurées, constituant une masse unique, les résultats sont remarquables; on constate d'abord une fonte de la gangue péri-ganglionnaire en quelques séances (Hendrix, Rœderer, Kienböck).

La tumeur, moins tendue, permet de percevoir à la palpation les ganglions indépendants plus ou moins mobilisables, puis les ganglions rétrocèdent pour devenir de petits noyaux à peine perceptibles.

Lorsqu'on arrive aux stades fibreux de petits ganglions indurés, il ne faut pas poursuivre plus loin, la transformation scléreuse cicatricielle ayant la valeur d'une guérison.

Dans les adénites en voie de ramollissement, sous l'influence des rayons, la suppuration installée peut quelquefois rétrocéder (Béclère, Kienböck), plus souvent elle est activée, mais jamais la radiothérapie n'a fait suppurer des ganglions qui n'étaient pas en imminence de ramollissement ou de suppuration (Desplats, Barjon). Lorsque la suppuration est définitivement installée, on

1. *Arch. d'Electr. méd.*, 10 juillet 1905, p. 495.

ne peut obtenir la guérison que par une évacuation du foyer purulent.

Dans les adénites suppurées et fistulisées, formes très heureusement influencées par la radiothérapie, le premier effet de l'irradiation est l'augmentation de la secrétion[1] qui bientôt diminue, en même temps qu'elle prend un aspect plus fluide avec absence de grumeaux.

Puis on constate une régression des masses ganglionnaires; les fistules se tarissent et se cicatrisent; trois ou quatre irradiations suffisent le plus souvent pour obtenir ce résultat.

Les cicatrices obtenues avec la radiothérapie sont, au point de vue esthétique, infiniment supérieures aux cicatrices consécutives des interventions chirurgicales; elles sont petites, non adhérentes aux plans profonds et ne présentent pas de bourrelets chéloïdiens.

Les ganglions traités par les rayons X ne présentent jamais de récidives (Roques).

La durée du traitement varie suivant les techniques; en moyenne, il faut compter deux à quatre mois pour obtenir une régression complète.

Tuberculoses osseuses et articulaires. — Avant que ne soit connue l'action des rayons sur le follicule tuberculeux, on avait rapporté des observations de tuberculoses osseuses traitées avec succès par les rayons X; mais, pendant plusieurs années, les cas signalés restèrent assez isolés et ce n'est guère que depuis 1907, avec Freund puis Iselin, que des observations positives nouvelles ont contribué à étendre ce domaine de la radiothérapie de la tuberculose.

En 1898, Kirmisson présenta à la Société de chirurgie un jeune sujet qui était atteint d'ostéo-arthrite tuberculeuse du poignet, compliquée de fistules et qui avait été complètement guéri après avoir été soumis aux rayons X et à la compression élastique.

Peu après, Bazy, Lancaster, Sainton, Escherich, Leich, présentaient des observations, relatant les bons effets des rayons X sur des lésions de tuberculoses osseuses.

1. Nous avons vu les mêmes phénomènes avec l'héliothérapie.

En 1904, Freund présente un patient chez lequel les rayons X avaient guéri, en 80 séances de 6 minutes, une tuberculose phalanginienne du pouce; un lupus du dos de la main et de la face chez le même malade avaient guéri en 60 séances.

La même année, Ticinsky cite deux cas de tuberculose coxale, guéris par les rayons X.

En 1905, Gregor; en 1906, Reddard et Barret[1] publient plusieurs observations; ils ont obtenu de bons résultats dans des cas de tuberculose chronique des os : tuberculoses fongueuses du genou, tuberculoses des doigts, du poignet, du pied. Les guérisons s'observaient même en présence de fistules et de séquestres.

Wetterer communique, en 1906, dans son manuel, un cas de tuberculose de la main, guéri par lui grâce aux rayons X. Scott et Vasselides signalent, la même année, les bienfaits des rayons X dans les tuberculoses chirurgicales.

En 1907, Paoli communique deux cas de spina-ventosa du médius et du pouce, également guéris.

A la même époque, Freund montre, au Congrès international de physiothérapie (Rome 1907), deux cas de tuberculose de la main et des doigts, guéris par lui.

En 1908, ce même auteur montre neuf autres cas de tuberculose articulaire et osseuse, guéris par les rayons X; d'après lui, l'ostéite tuberculeuse donnerait de meilleurs résultats que la forme synoviale.

En 1910, Iselin donne une première statistique intéressante de ses résultats.

En 1911, de nouveau Freund, puis Baisch, Denecke, Wetterer, Ghilarducci apportent de nouvelles observations.

A. Weil, en 1912, publie un travail sur les résultats obtenus par lui en traitant les spina-ventosa.

En 1913, Hass Julius, Iselin, Schede, Wilms publient des travaux qui concordent, en général, avec les expériences et connaissances déjà acquises.

Dans une communication au IV[e] Congrès de médecine de Londres 1913, les D[rs] Broca et V. Mahar apportent de nombreuses observations d'ostéites et d'ostéo-arthrites tuberculeuses particulièrement intéressantes.

1. *Arch. d'Elect. méd.*, 1906, p. 146.

Nous donnons, ci-dessous, quelques statistiques et les conclusions auxquelles sont arrivés les auteurs qui se sont le plus occupés du traitement de la tuberculose osseuse, ces temps derniers.

Schmerz[1] et Wilms[2], à Heidelberg, publient la statistique suivante :

	NOMBRE DE CAS	GUÉRIS	AMÉLIORÉS	STATIONNAIRES	MORTS
Tuberculoses de la main	12	9	2	»	1
— du coude	2	»	2	»	»
— du sternum et des côtes	2	2	»	»	»
— du genou	16	5	9	3	1
— du pied	7	2	2	1	»
	39	18	15	4	2

Sur 41 malades traités, 20 avaient des complications pulmonaires : de ces sujets, 8 ont guéri, 10 se sont améliorés, 1 cas est resté stationnaire, un autre est mort.

La guérison par ce traitement paraît plus favorable aux adultes, le pourcentage de guéris est de 80, d'améliorés, 40.

Chez les enfants, on trouve 16 p. 100 de guérisons, 50 p. 100 d'améliorés, 34 p. 100 sans résultats.

Ces derniers résultats, moins favorables, tiennent peut-être à la réserve avec laquelle le traitement est appliqué chez eux (Schmerz).

AGE	NOMBRE DE CAS	GUÉRIS	AMÉLIORÉS	NON AMÉLIORÉS	MORTS
Moins de 10 ans	2	»	2	»	»
De 10 à 20 ans	11	3	2	4	»
De 20 à 30 ans	17	8	9	»	2
De 30 à 40 ans	1	1	»	»	»
De 40 à 80 ans	10	6	3	»	»

Au cours du traitement, on constate une augmentation de poids dans 72 p. 100 des cas.

Depuis que le traitement systématique des tuberculoses osseuses par les rayons X est appliqué, disent Schmerz et Wilms, les grandes interventions chirurgicales dans les tuberculoses

1. *Beitr. z. Clin. Chir.* Tubing, 1912.
2. *Zeitsch. f. Orthop. chir.*, 1913, t. XXXII.

articulaires sont de moins en moins indiquées. A la clinique universitaire de Heidelberg, ces interventions deviennent de plus en plus rares.

Sommer[1], de Zurich, donne la statistique suivante :

	NOMBRE DE CAS	GUÉRIS	AMÉLIORÉS	STATIONNAIRES	TENDANCE A L'AMÉLIORATION	RÉCIDIVE	NOMBRE DES SÉANCES
Tuberculoses :	—	—	—	—	—	—	—
Osseuses des doigts et des orteils	4	4	»	»	»	»	3
Des métacarpiens et de l'articulation métacarpo-phalangienne.	10	8	1	»	1	1	4
Des métatarsiens	2	2	»	»	»	1	3
Des os de la racine du pied et de leurs articulations.	5	1	»	1	4	»	3
De l'articulation de la main.	11	5	1	»	5	»	5
De l'articulation du coude.	5	3	1	»	»	1	3
De l'articulation du genou.	1	»	1	»	»	»	1 1/4
Sacro-iliaque.	2	»	2	»	»	1	1
Costale.	1	1	»	»	»	»	4
	41	24	6	1	10	4	

D'après Sommer, les résultats observés présentent les phénomènes suivants :

Le pus des fistules, sous l'influence des rayons, change de caractère : il devient plus abondant et plus transparent; les fistules se tarissent et se cicatrisent; les os se consolident.

Les lésions les plus superficielles guérissent le plus facilement; les ostéites vertébrales sont réfractaires.

La présence de pus et de fongosités entrave le traitement; pour cette raison, les formes fistulaires offrent les meilleures chances de succès.

Le traitement agit surtout dans les altérations osseuses; les formes synoviales sont moins favorables.

A l'inverse de cette dernière opinion, Baisch[2], prétend que les rayons agissent surtout bien dans les formes synoviales.

Schede[3] publie deux cas d'amélioration et deux guérisons de

1. *Rœntgentaschenbuch*, 1 vol. in-18 de 278 pages. Leipzig, Nemmich.
2. *Klin. thérap. Woch.* Berlin, 1912, t. XIX, p. 613 à 620.
3. *Loc. cit.*

coxalgies en huit et dix mois[1]. Les arthrites du genou traitées par lui ont presque toutes été guéries ou très améliorées.

Enfin, sur sept cas de tuberculoses du cou-de-pied et sur deux spina-ventosa, il a obtenu autant de guérisons.

Cet auteur combine le traitement radiothérapique avec la thérapeutique courante orthopédique ou chirurgicale.

Pour les fistules, il fait des injections à la pâte de Beck, cinq jours après l'exposition aux rayons X.

Les formes fistulées sont, à son avis, les plus favorables au traitement radiothérapique.

Hass Julius[2] donne les résultats de 22 cas traités : 17 malades étaient âgés de moins de dix ans et 4 malades avaient entre dix et vingt ans.

FORME DE LA TUBERCULOSE	NOMBRE DE CAS	AMÉLIORATION SENSIBLE	AMÉLIORATION	STATIONNAIRES
Tuberculoses de la hanche :				
Synoviale	2	2	»	»
Osseuse	2	»	»	2
Purulente (fistuleuse)	1	1	»	»
Tuberculoses du genou :				
Synoviale	4	4	»	»
Osseuse	4	»	»	4
Purulente (fistuleuse)	1	»	1	»
Tuberculose du coude :				
Synoviale	2	2	»	»
Osseuse	»	»	»	»
Purulente (fistuleuse)	2	2	»	»
Tuberculoses du cou-de-pied :				
Synoviale	»	»	»	»
Osseuse	2	»	»	2
Purulente (fistuleuse)	2	»	2	»

Ce radiothérapeute considère la forme synoviale comme la plus favorable aux rayons X.

Il a constaté que la douleur disparaissait très rapidement; de même, la contracture s'atténue jusqu'à la possibilité d'extension; l'œdème local et la tuméfaction régressent.

Cet auteur a également constaté le changement de caractère du pus et la rapide fermeture des fistules.

Les succès sont plus fréquents dans les formes précoces.

1. Des injections de pâte bismuthée avaient été associées.
2. *Loc. cit.*

Le traitement par les rayons X a toujours été combiné à l'orthopédie.

Iselin[1] traite, depuis 1907, les tuberculoses osseuses par les rayons X. Il a commencé par traiter des candidats à l'amputation, des malades présentant des foyers multiples, et qui, souvent, étaient dans un état général précaire. Il a constaté la guérison des foyers tuberculeux exposés à la radiation, pendant que d'autres foyers du même malade, non exposés aux rayons X, persistaient.

Depuis 1908, cet auteur a traité par les rayons X plus de 800 cas de tuberculoses chirurgicales, la clinique universitaire de Bâle étant une des premières qui ait appliqué ce traitement aux tuberculoses chirurgicales.

La meilleure preuve de son activité est que, depuis trois ans, les opérations chirurgicales pour tuberculoses ont presque complètement disparu du tableau.

Mais le rendement de la méthode est limité par son action insuffisante dans la profondeur; à 4 centimètres de profondeur, dit Iselin, il ne pénètre que 40 p. 100 des rayons X; il ajoute que la densité des os limite également la pénétration. Pour cet auteur, la forme fongueuse fermée, même avec participation de la synoviale, est la plus favorablement influencée par les rayons X.

En France, A. Weil a étudié spécialement l'action des rayons sur les spina-ventosa. De ses observations, consignées dans la thèse de Liberge (Paris, 1913), nous voyons que les spina-ventosa avec simple *décollement périosté*, sans altération de la transparence osseuse, guérissent rapidement (un à deux mois de traitement).

Les radiographies, prises avant et après la guérison, montrent que l'os n'a pas évolué vers la caséification et est revenu à son volume à peu près normal.

Si l'os est atteint, il se fait de l'ostéite condensante.

A la radiographie, l'opacité de l'os est augmentée partiellement ou en totalité.

La radiothérapie a raison de ces lésions en deux mois et demi à six mois environ.

Si l'on a affaire à l'aspect vacuolaire soufflé caractéristique, la guérison est amenée en six à sept mois.

1. *Lanuul. Klin. Vorträge*. Leipzig, 1913, *Chir.* n° 187.

On ne constate jamais d'évolution vers la suppuration, et la radiographie prise à la fin du traitement, montre des os réparés, des vacuoles comblées.

Lorsque la suppuration est établie avant le traitement, la radiothérapie modifie l'aspect du pus qui devient clair, séreux, momentanément plus abondant, comme l'ont signalé presque tous les auteurs. Mais, comme il y a fonte tuberculeuse, l'os est déformé; la durée du traitement est d'environ six mois.

A. Broca et V. Mahar publient de nombreuses observations d'ostéites, d'ostéo-arthrites, particulièrement édifiantes quant aux résultats.

Dans les spina-ventosa, l'amélioration et la guérison s'observent le plus souvent. Dans les tumeurs blanches tibio-tarsiennes, l'amélioration est constante; dans un cas, évoluant depuis deux ans, et chez lequel on avait curetté plusieurs fois sans résultat, l'état était devenu si grave que l'amputation s'imposait; quinze applications de rayons X ont permis d'écarter cette triste éventualité.

Les tumeurs blanches du carpe guérissent le plus souvent.

Deux arthrites du coude, publiées par ces auteurs, sont guéries en moins de six mois. L'une de ces arthrites était accompagnée d'autres lésions tuberculeuses : ostéite fistuleuse de l'os malaire droit, spina-ventosa de l'annulaire gauche. Toutes ces lésions, traitées séparément, ont été améliorées.

Dans un cas d'ostéites multiples, frappant le médius gauche, le carpe de la main droite, le tarse du pied gauche, le coude droit, etc., avec état général mauvais, dix applications ont amené une guérison parfaite.

Statistique dressée d'après les observations de A. Broca et V. Mahar (Congrès de Londres, 1913.)

FORME DE LA TUBERCULOSE	NOMBRE DE CAS	GUÉRIS	AMÉLIORÉS	SANS RÉSULTAT
Spina ventosa	16	5	8	3
Synovites fongueuses	7	6	1	»
Ostéites du carpe et du tarse	3	2	1	»
— d'un métatarsien	2	»	2	»
— d'un métacarpien	2	1	1	»
— du grand trochanter	1	1	»	»
Ostéo-périostite du maxillaire	2	1	»	1
A reporter	33	16	13	4

FORME DE LA TUBERCULOSE	NOMBRE DE CAS	GUÉRIS	AMÉLIORÉS	SANS RÉSULTAT
Report . . .	33	16	13	4
Ostéo-arthrite métatarso-phalangienne.	1	1	»	»
Tumeur blanche du coude.	2	2	»	»
— tibio-tarsienne	3	»	3	»
— de la main	1	1	»	»
Tuberculose costale.	2	2	»	»
Coxalgie	1	»	»	1
	43	22 (51 p. 100)	16 (37 p. 100)	5 (1,18 p. 100)

A. Broca et V. Mahar emploient concurremment le traitement chirurgical: ablation des séquestres, curettage des foyers osseux et des fongosités.

Ils constatent que la radiothérapie arrête nettement la progression du processus morbide et active la cicatrisation. *Les malades traités par eux étaient tous des enfants ou des adolescents.*

Des résultats publiés, tant en France qu'à l'étranger, nous voyons que les auteurs sont unanimes à déclarer l'efficacité de la radiothérapie dans les ostéites et les ostéo-arthrites tuberculeuses.

« Sous l'action d'un traitement aux rayons X, convenablement conduit, dit de Quervain, nous voyons guérir des tuberculoses osseuses et articulaires chez des sujets même adultes où, comme nous le savons, la guérison spontanée est des plus rare. Si je compare, dit-il, ces résultats avec ceux qu'on a obtenus par les injections modificatrices, le premier rang me paraît revenir incontestablement aux rayons X. »

Dans les spina-ventosa, les résultats sont constants.

Dans les tumeurs blanches: carpe, tarse, coude, genou, épaule, les guérisons complètes s'observent dans plus de la moitié des cas (statistiques de Schede, Iselin, Sommer, Mahar).

Les ostéites simples guérissent le plus souvent.

Les arthrites profondément situées, maux de Pott, coxalgies, paraissent peu influencées par la radiothérapie.

Les localisations osseuses et synoviales semblent également modifiées favorablement. Les divergences des auteurs tiennent probablement plus à la technique qu'à la nature du mal, puisque les uns considèrent la forme osseuse comme préférable (Sommer et Freund), tandis que pour les autres c'est la forme synoviale (Iselin, Hass Julius, Schede, Schmerz).

De même, les différences de techniques employées peuvent expliquer les divergences dans les résultats obtenus chez les jeunes sujets. S'ils sont peu favorables à Schmerz et Wilms, *les beaux résultats de Mahar, par contre, ont été observés chez les enfants.*

Le perfectionnement de la technique, en particulier l'emploi de filtres épais (4 à 5 millimètres d'aluminium), donnant un rayonnement pénétrant, fait entrevoir la possibilité, dit A. Weil, que *nous pourrons, grâce à la radiothéraphie, vaincre les tuberculoses profondes* (*la coxalgie, le mal de Pott*) et en même temps nous permet d'espérer la guérison d'un plus grand nombre d'ostéites, d'ostéo-arthrites tuberculeuses déjà manifestement influencées par le traitement.

SIXIÈME PARTIE

INDICATIONS RESPECTIVES DE LA RADIOTHÉRAPIE ET DE L'HÉLIOTHÉRAPIE ASSOCIATION DES DEUX MÉTHODES

CHAPITRE PREMIER

INDICATIONS RESPECTIVES DE LA RADIOTHÉRAPIE ET DE L'HÉLIOTHÉRAPIE

Modificateur de l'état général, l'héliothérapie s'offre à nous comme le moyen thérapeutique souverain pour traiter les malades dont le tempérament est à refaire.

A cet agent physique, sera faite la large part des cas où la multiplicité des foyers tuberculeux exige, avant tout, un traitement général.

Nous lui adresserons de préférence les sujets chez qui l'importance de la lésion locale disparaît à côté des phénomènes généraux (de Quervain[1]).

La cure solaire, agissant profondément sur l'organisme, *devra être appliquée de la façon la plus large possible, sous forme de bains généraux; elle n'est efficace qu'à cette condition.*

Toute application partielle, faite au moyen de fenêtres à travers un appareil plâtré et toute exposition limitée à une adénopathie, à des trajets fistuleux, à des foyers osseux ou à des arthropathies, seront à réprouver.

1. *Sem. méd.*, 4 juin 1913.

Par contre, lorsque l'état général est satisfaisant, nous pourrons nous adresser à la radiothérapie.

Elle est particulièrement bien indiquée, lorsqu'on a affaire à un sujet dont l'adénopathie limitée constitue toute la maladie; on peut assurer au malade, sans déplacement coûteux, une guérison certaine, esthétique et à l'abri de récidives.

Pour les tuberculoses osseuses, en particulier les spina-ventosa, les ostéites et les ostéo-arthrites, situées peu profondément, la guérison est le plus souvent obtenue sans obliger le malade à quitter son milieu.

Si l'on compare les différentes statistiques, en particulier celles de Revillet pour l'héliothérapie et celles de Mahar pour la radiothérapie, on voit que, sauf pour les coxalgies et les maux de Pott, les chiffres des guéris et des améliorés sont voisins avec les deux agents physiques. Certaines formes rebelles à l'héliothérapie : adénites de forme lymphomateuse, tuberculoses du genou de l'adulte, sont efficacement traitées par les rayons X.

« C'est un fait que l'arthrite tuberculeuse du genou, dit de Quervain[1], surtout dans ses formes synoviales, se montre chez l'adulte particulièrement rebelle à l'héliothérapie. La radiothérapie paraît être ici plus efficace, dans les formes synoviales tout au moins, et nous voyons survenir parfois la guérison intégrale avec maintien du fonctionnement. »

1. *Loc. cit.*

CHAPITRE II

ASSOCIATION DES DEUX MÉTHODES

Ayant en main deux méthodes puissantes, capables, l'une de modifier le terrain, l'autre de détruire le foyer morbide, n'est-il pas logique d'associer ces deux agents curateurs pour le mieux des malades?

Ce traitement mixte, non encore généralisé, a déjà donné d'excellents résultats.

Le Dr Rollier n'hésite pas à combiner les deux procédés[1]. « Lorsque le soleil nous manque, dit-il, pendant un temps un peu prolongé, nous faisons usage de la radiothérapie. Comme nous n'avons besoin que de radiations en profondeur, nous suivons les principes communs indiqués par Iselin.

« Dans les cas rares de traitement radiothérapique exclusif, les résultats ont été bons; dans la plupart des cas nous nous en sommes servi comme adjuvant. »

Schede[2] recourt également à la lumière solaire pour hâter la guérison de ses malades :

« Il y a intérêt, dit-il, à associer l'action locale des rayons X à l'action générale de la cure hélio-marine. Il faut toujours associer, ajoute Schede, la radiothérapie aux traitements orthopédiques et généraux habituels, au premier rang desquels sont le traitement marin et l'héliothérapie. »

Tixier, de Menton[3], traite également avec succès par cette méthode mixte les adénites tuberculeuses.

Il signale l'efficacité de l'héliothérapie, pour retarder, atténuer ou modifier la transformation d'une adénite banale en adénite suppurée, ce qui a une valeur considérable; on évite ainsi la

1. Rollier : *Zeitschr. f. Orthop. chir.*, t. XXXII, 1913.
2. Schede : *Zeitschr. f. Orthop. chir.*, Stutgart, 1913, t. XXXI, p. 497 et 518.
3. *Communication au Congrès de Londres*, 1913.

ponction, généralement nécessaire pour la cure radiothérapique.

Pascal (de Cannes) conseille d'utiliser la radiothérapie dans les jours sans soleil afin d'exercer, sans trop d'interruption, une action locale sur les lésions bacillaires.

Mais le soleil n'agissant pas comme les rayons X, nous dirons que ces deux moyens thérapeutiques doivent être employés simultanément.

En effet, ce salutaire concours de deux méthodes physiques peut avoir une explication satisfaisante dans le rôle réciproque que joue chacune d'elles. Sous l'influence des radiations de grande longueur d'onde, il se produit un afflux sanguin intense, une vaso-dilatation énergique favorisant la diapédèse des globules blancs vers les parties atteintes.

Les foyers morbides ainsi *sensibilisés* subissent vraisemblablement plus activement l'action des rayons X.

Les cellules détruites, les bacilles de Koch sont plus rapidement phagocytés, et leurs produits toxiques neutralisés par les anticorps leucocytaires.

L'héliothérapie est donc, à côté de son rôle tonique général, un adjuvant précieux de la radiothérapie.

SEPTIÈME PARTIE

CONSIDÉRATIONS SUR LE TRAITEMENT CHIRURGICAL

ET SUR L'UTILITÉ D'ADJOINDRE AUX SERVICES DE CHIRURGIE UN SOLARIUM ET UN LABORATOIRE DE RAYONS X

Héliothérapie et radiothérapie s'offrent à nous comme des traitements conservateurs par excellence, guérissant sans risque et sans mutilation.

Les adénites tuberculeuses, considérées autrefois comme rebelles à toute thérapeutique, rétrocèdent facilement par ces agents physiques.

Il n'y a pas de comparaison à établir entre la cicatrisation des fistules, après traitement par les rayons X, et les balafres laissées par la chirurgie.

Les malades, qui s'adressent aux radiations, ont le plus souvent épuisé toute la série des moyens médicaux ou déplorent les résultats inesthétiques d'une intervention chirurgicale. Malgré cela, les rayons réparent et guérissent là où avaient échoué toutes les méthodes.

Pour les adénopathies, le rôle du chirurgien est réduit au minimum; la ponction évacuatrice est souvent la seule intervention que l'on aura à pratiquer; ici, plus que partout, l'aphorisme du Pr A. Robin est vrai :

« La tuberculose n'aime pas le bistouri, qui guérit rarement, aggrave souvent et mutile toujours. »

Avant l'usage de ces agents physiques, la guérison des tuberculoses osseuses et ostéo-articulaires ne s'obtenait, le plus sou-

vent, que par ankylose ou au prix de résection, compromettant la mobilité ou le développement du membre ; parfois, en désespoir de cause, l'amputation était la seule planche de salut.

A l'heure actuelle, les malades guérissent avec la liberté quelquefois complète de leurs mouvements ; les muscles ne sont plus atrophiés ; enfin, ceux dont la chirurgie désespérait peuvent encore espérer la guérison et sauver leurs membres.

Si la méthode sanglante conserve encore ses droits, ce n'est qu'à titre de méthode auxilliaire pour pratiquer une ablation de séquestres, un grattage osseux ou l'évacuation d'un abcès. On se souviendra, toutefois, qu'une incision, faite dans un abcès osseux encore indemme d'infection secondaire, ouvre la porte à cette dernière, lors même qu'on aurait procédé avec l'asepsie la plus minutieuse : « Ouvrir une tuberculose fermée, c'est ouvrir une porte à la mort, dit Calot » et de Quervain ajoute :

« Il ne faut jamais s'attaquer à une tuberculose osseuse ou articulaire fermée, quand on n'est pas en mesure d'extirper radicalement le foyer tuberculeux. »

Bien que asséchant et cicatrisant les plaies et trajets fistuleux, le soleil ne s'exerce utilement que sur les lésions en surface.

Les lésions profondes, séparées de la surface insolée par une peau saine et une épaisseur plus ou moins grande de tissu, ne se modifie que très lentement, parallèlement à l'état général, dit E. Grinda, de Nice[1].

Cet auteur ajoute que, malgré la cicatrisation des fistules, les lésions profondes persistent, s'aggravent même dans bien des cas, par suite de la suppression du drainage ; il n'y a pas parallélisme entre les phénomènes observés à la surface et dans la profondeur ; aussi ce chirurgien propose-t-il la transformation des lésions profondes en lésions superficielles.

Cette extériorisation opératoire des foyers est suivie d'expositions larges, à ciel ouvert, aux radiations solaires.

Les foyers seraient très heureusement améliorés et l'infection secondaire de la plaie ne se serait jamais observée ; l'évolution aseptique serait la règle.

Une cicatrice souple succéderait toujours à l'intervention. Malgré l'optimisme de cet auteur, on peut montrer quelque méfiance à l'adresse d'une semblable intervention, car le soleil

1. Congrès de Cannes, 1914. Communication. *Presse méd.*, 10 juin 1914.

ne brille pas toujours; des fautes d'asepsie peuvent être commises; enfin, une cicatrice supplémentaire vient s'ajouter à celle souvent minime du trajet fistuleux.

En combinant la radiothérapie aux radiations solaires, l'action profonde et élective des rayons X s'exerce avec efficacité à travers la peau et assure une guérison sans danger d'infection et sans lésion des téguments.

NÉCESSITÉ DU SOLARIUM ET DU LABORATOIRE DE RAYONS X ANNEXÉS AUX SERVICES DE CHIRURGIE

Dans les cliniques étrangères où sont pratiquées les irradiations de Rœntgen, à Bâle, chez de Quervain; à Heidelberg, chez Wilms, les interventions chirurgicales ont été considérablement réduites.

De même dans les hôpitaux marins, depuis la pratique héliothérapique, les salles d'opérations servent rarement. Aussi formons-nous le vœu que se développe en France l'usage de ces méthodes; qu'à côté du service de chirurgie, fonctionne un laboratoire de radiothérapie où le chirurgien enverra ses tuberculoses locales; ou mieux encore, que le médecin dirige dans des établissements suburbains ces mêmes malades où l'insolation et la radiothérapie modifieront l'un, la santé générale, l'autre, la lésion locale. On économisera ainsi du temps et des vies humaines.

Fléau social, la tuberculose doit être traitée comme telle. Il est désirable que l'on réalise en quelque sorte une véritable égalité devant cette maladie, en faisant profiter la classe ouvrière des différents procédés réservés jusqu'à ce jour aux classes aisées.

CONCLUSIONS

Les bons effets de l'héliothérapie dans les tuberculoses externes sont incontestables; ceux de la radiothérapie dans ces mêmes affections ne sont pas moins certains. Mais si le mécanisme curateur des rayons X est facile à mettre en évidence, l'interprétation du mode d'action des radiations solaires est plus délicate.

1° *Les phénomènes biologiques provoqués par la lumière nous montrent que* :

a) Parmi les radiations lumineuses, les rayons ultra-violets de grande fréquence vibratoire (rayons ultra-violets moyens et supérieurs λ 3.000 A. à 1.000 A.) sont les *seuls* à présenter une action biochimique intense sur les éléments cellulaires;

b) Les rayons ultra-violets ordinaires ou inférieurs λ 4.000 A. à 3.000 A. agissent plus faiblement et plus lentement;

c) Les autres radiations du spectre, en particulier les rayons bleus et violets (λ 5.000 A. à 4.000 A.) peuvent avoir une action biochimique sur la cellule sans que cela soit complètement démontré.

2° L'analyse du spectre solaire nous apprend que ce rayonnement est pauvre en radiations ultra-violettes (1 p. 100 du rayonnement solaire total). Pratiquement, l'ultra-violet ordinaire 3.000 A. à 4.000 A., dit biotique, est seul représenté.

L'étendue du spectre ultra-violet varie peu ou pas avec l'altitude normalement utilisée en héliothérapie, c'est-à-dire qu'entre le niveau de la mer et 2.000 mètres, la limite du spectre ultra-violet solaire reste la même.

3° L'atmosphère n'absorbe pas électivement certaines radiations (radiations chimiques), tout en laissant passer les autres faisceaux du spectre.

Le rapport entre les radiations reste toujours constant et l'intensité du faisceau lumineux diminue très faiblement avec l'épaisseur de la couche d'air, dans les limites où se pratique l'héliothérapie.

4° En héliothérapie, à côté du facteur lumière solaire directe, on doit tenir compte d'autres facteurs, tels que la lumière diffusée par le ciel et la lumière réfléchie par la mer, les glaciers, etc., etc. La lumière diffuse et la lumière réfléchie sont plus abondantes à la mer que partout ailleurs.

5° Les radiations de courte longueur d'onde pénètrent peu les téguments ; l'ultra-violet solaire atteint une profondeur maximum de $1^{mm},5$, s'il n'y a pas d'écran sanguin.

Les rayons violets et bleus pénètrent jusqu'à 3 centimètres dans les tissus, s'il n'y a ni interposition musculaire, ni sang, ni pigmentation.

La seule présence du sang dans les vaisseaux arrête d'une façon absolue toutes les radiations, sauf les rouges.

6° L'action bactéricide de la lumière dans les tissus est très limitée ; elle ne s'exerce que jusqu'à $1^{mm},5$ au maximum et s'il n'y a ni écran sanguin, ni pigmentation.

7° Les radiations de grande longueur d'onde : rouges et infrarouges (radiations calorifiques) sont les seules qui pénètrent profondément et *les seules efficaces*, mais leur action n'est pas élective sur tel ou tel tissu ; elles agissent *sur l'état général* en provoquant des réactions organiques nombreuses : hyperhémie, sudation, accroissement des échanges.

8° *L'étude des propriétés des rayons de Rœntgen nous montre que :*

Ces radiations pénètrent profondément les tissus ; que l'action biochimique sur ces tissus est proportionnelle aux doses absorbées, et qu'à doses égales absorbées par des cellules de nature différente, les effets sont les mêmes.

Les rayons X agissent localement et avec élection sur les cellules jeunes, en particulier sur le tissu lymphoïde dont le follicule tuberculeux est un dérivé.

9° *Le mode d'action différent de ces deux agents physiques permet d'envisager des indications particulières* :

a) La cure solaire, modificateur général, devra être appliquée sous forme de bains étendus à toute la surface du corps. *On devra réprouver toute irradiation uniquement localisée au foyer morbide.*

La guérison des lésions locales est secondaire à la réfection de l'état général.

L'exposition de la région malade aux rayons solaires n'est pas indispensable pour obtenir la guérison.

b) L'héliothérapie se pratiquera de préférence dans les régions où l'air est pur, où l'horizon est largement découvert et où la température ambiante est voisine de celle du corps. Le traitement solaire peut se pratiquer partout où ces conditions sont remplies. Les malades dont le tempérament est à refaire, en bénéficieront particulièrement.

c) Les bains généraux de rayons X sont dangereux et inefficaces. *La radiothérapie sera rigoureusement localisée à la partie malade.* Elle peut suppléer dans beaucoup de cas l'héliothérapie. Elle s'adressera de préférence aux sujets ayant un *bon état général.*

d) Il sera avantageux de combiner les deux agents physiques; *cette méthode mixte* permet d'espérer une guérison plus complète et plus rapide, les radiations solaires relevant *l'état général*, les rayons de Rœntgen modifiant les *foyers tuberculeux.*

Vu par le président de la thèse :

WEISS.

Vu :

Le Doyen : L. LANDOUZY.

Vu et permis d'imprimer,

Le vice-recteur de l'Académie de Paris,

L. LIARD.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

Abadie (R.). — Des propriétés physiques, biologiques et thérapeutiques de la lumière et de ses applications à la dermatologie. *Th. de Paris*, 1904, n° 257.

Abbot (Ch. G.). — The sun. Appleton and Company. London and New-York, 1912.

Abutnot. — Essai de l'effet de l'air sur les corps humains, 1742.

Achalme. — Électrotonique et biologie. Paris, 1913.

Adduco. — Azione della luce sulla durata della vita. *Ann. di chim. e. di farmac.*, t. X, p. 38; 1889.

Aggazotti. — Le temps de réaction sur la haute montagne. *Arch. ital. de Biol.*, t. LIII, p. 382-389. Turin, 1910.

Agulhon (H.). — Action des rayons ultra-violets sur les diastases. *C. R. A. S.*, t. CLII, p. 398-401. Paris, 1911.

Ahlborn (M. B.). — Light and radiance in the treatment of disease, with a report of one hundred and Seven cases treated by radiotherapy. *Tr. Luzerne co. M. Soc.*, t. XII, p. 24-38. Wilkesbarre, 1904.

Aimes. — Quelques recherches expérimentales sur l'héliothérapie. *Mém. pour le prix Swiecicki*, 1913.

— L'utilisation de l'héliothérapie après les interventions. *Progrès méd.*, 31 mars 1913.

— Qu'entendrait-on par solarium? *Chronique médicale*, 1er juin 1913.

— Chirurgie osseuse et héliothérapie. *Progrès méd.*, n° 28, 12 juillet 1913.

— L'Héliothérapie. *Th. de Montpellier*, n° 99, 22 juillet 1913.

— La pratique de l'héliothérapie. *Progrès méd.*, 23 novembre 1913.

— et Étienne. — Héliothérapie. Soc. des Sc. méd. de Montpellier, 20 février 1913.

— — Technique de l'héliothérapie. Soc. des Sc. méd. de Montpellier, 14 mars 1913.

Albanus. — Modern Behandlung des Schleimhautlupus. *Strahlentherapie Berl. u. Wien.*, t. II. p. 43-58; 1913.

Albert-Weil. — Le traitement radiothérapique des spina-ventosa tuberculeux. *Arch. d'Électr. méd.*, t. XX, p. 439 et 448. Bordeaux, 1912.

— Le traitement radiothérapique des spina-ventosa tuberculeux. *Comm. au IVe Congrès de physiothérapie des médecins de langue française. Arch. d'Électr. méd.*, n° 334. Paris, avril 1902.

— Traitement radiothérapique des spina-ventosa. *Comm. au IVe Congrès de physiothérapie des médecins de langue française.* Paris, 11 avril 1912.

— Les cures naturalistes. *Paris méd.*, 14 juin 1913.

— Les accidents de la radiothérapie. *Journ. de Physiothér.*, t. X, p. 113-120. Paris, 1912.

Albert-Weil. — Radiothérapie de tuberculoses osseuses. *Arch. d'Électr. méd.*, 25 mai 1912.

Allen (C. W.). — Radiotherapy and phototherapy, including, radium and high-frequency currents, their medical and surgical application in diagnostic and treatment. Fur students and practitioners' with the coopération de M. Franklin and S. Stern., in-8°. New-York et Philadelphie, 1904.

Alessandri. — Importanza et limiti del tratamento incruento nelle tuberculosi-chirurgische. *Policlin.*, t. XIX, p. 193-205. Roma, 1912.

Alexander (Ch.) et Ewald. — The influence of light on the gas exchange in animal tissu. *Journ. phys.*, t. XIII. p. 847; 1892.

Andrieu (J.). — L'Héliotherapie marine dans le traitement des tuberculoses chirurgicales. *Rapport au Congrès de l'Ass. intern. de Thalassothérapie de Cannes*, 25 pages; 1914.

Angström. — Recherches sur le spectre solaire en Suède, 1869.

Apery. — Héliothérapie, photothérapie, phocothérapie, *Grèce méd.*, 1900.

— Nouveau procédé thérapeutique, photothérapie, héliothérapie. *Arch. orient. de méd. et chir.* Paris, 1899.

— XIII[e] Congrès international de médecine. Paris, août 1900.

Arienzo (G.). — Rilievi di Rœntgenterapia. *Ann. di élett. med.*, p. 180-186. Napoli, 1906.

Arloing. — De l'influence de la lumière sur la végétation et les propriétés pathologiques du *bacillus anthracis*. *Semaine méd.*, 1885.

Armand. — Héliothérapie à l'altitude dans le traitement des tuberculoses dites chirurgicales. *Th. de Lyon*, 1911.

Arnold. — Concerning the employment of light in the treatment of desease. *South. prat.* Washville, 1892.

Arnould. — Influence de la lumière sur les animaux et sur les microbes; son rôle en hygiène. *Revue d'hyg.*, 1895.

d'Arsonval. — Les sciences physiques et la médecine. *Discours d'ouverture du Congrès de Thalassothérapie de Cannes*, 1914.

— Action de la lumière sur les microbes. Soc. de Biol., 1903.

— et Charrin. — Influence des agents atmosphériques, en particulier de la lumière et du froid sur le bacille pyocyanique. *C. R. A. S.*, janvier 1894 et *Semaine méd.*, p. 26; 1894.

Artault. — Les applications curatives de la lumière solaire. Acad. de méd., janvier-février 1909.

Asvadouroff (M[lle]). — Recherches sur la formation de quelques cellules pigmentaires et des pigments. *Th. de Paris*, n° 81; 1913.

Aubertin et Beaujard. — Travaux sur l'action des rayons X sur le sang et dans la leucémie. *C. R. Soc. de Biol.*, t. LVI, p. 982.

— — Travaux sur l'action des rayons X sur le sang et dans la leucémie. *C. R. Soc. de Biol.*, t. LXIV, p. 410; 1908 et *Arch. d'Électr. méd.*, p. 343, 10 mai 1908.

— — Travaux sur l'action des rayons X sur le sang et dans la leucémie. *C. R. Soc. de Biol.*, t. LVIII, p. 177 et 217; 1905.

Audan (J.). — La radiothérapie, résultats personnels. *Dauphiné méd.*, t. XXX, p. 96-108. Grenoble, 1906.

Auerbach. — *Centralbl. f. der méd. Wissenschaft*, p. 357; 1870.

Auliffe (Mac). — La thérapeutique physique d'autrefois. Masson, Paris.

Aurigo. — Le soleil générateur et régénérateur, 1906.

Ausset. — La climatothérapie. La crénothérapie. Leçon d'ouverture de l'enseignement de l'hydrologie (Lille). *Gaz. des Eaux*, 23 et 30 mars 1912.

Austin (Gertrude). — Heliotherapy in surgical tuberculosis. *Med. record*, 8 juin 1912.

Azais. — La lumière, son application dans le traitement de la tuberculose. *Th. de Montpellier*, 1910.

Bach (Hugo). — Ueber die insolation in Hochgebrige und ihre Messung au klimatischen kurplætzen. *Zeit. f. Balneo-Klimat.*, 15 décembre 1910.

Bach-Tscherven (Mme). — Le traitement marin de la tuberculose infantile à l'asile Dolfus de Cannes. *Th. de Genève*, 1905.

Baer. — Zur Sonnenlicht behandlung der kehlkopftuberculose. *Wien. klin. Woch.*, nº 16; 1906.

Baisch (B.). — Rœntgenbehandlung tuberkulöser Lymphome. *Strahlentherapie*, t. I, p. 286-295. Berlin et Vienne, 1912.

— Die Behandlung der chirurgischen tuberkulose mit Rœntgenstrahlen. *Berliner klin. Woch.*, t. XLVIII, p. 1968; 1911.

Balthazard (V.). — Séparation, au point de vue physiologique et thérapeutique, des différentes radiations produites par le tube de Crookes et étude physiologique et thérapeutique des radiations émises par les corps radioactifs et leurs émanations. *Congrès internat. de méd. de Lisbonne*, t. XV, sect. 4, p. 1-12; 1906. Also : *Journ. de physioth.*, t. IV, p. 239-244. Paris, 1906.

Bang. — The distribution of bactericidal rays un the Spectrum of the arc Light. *Medd. f. Finsens Med. Lysinstitut*, nº 9; 123-135. Kopenhagen, 1904.

— Ueber die Wirhungen des Lichtes auf Microben. *Med. Lysinstitut.* Kopenhagen, 1903.

— Eine Lampe für Lichttherapie. *Arch. f. Lichtth.*, octobre 1901.

Bar et Boullé. — Influences des rayons rouges sur les radiodermites. *Bull. Soc. Obst.*, p. 251. Paris, 1901.

Barbier. — IIe Congrès de Climatothérapie. Pau, 1905.

Barbarin (P.). — Le traitement des tuberculoses ostéo-articulaires chez l'enfant. *Clinique*, t. VIII, p. 290-292. Paris, 1913.

Bardenheuer. — Die heliothropische Behandlung der peripheren Tuberkulosis besonders der knochen und gelenke. *Deut. Zeit. f. Chir.*, t. CXII, p. 135, octobre 1911.

— Vogel, Leipzig, 1911.

— Sur l'héliothérapie (avec discussion). *Soc. gén. de méd. de Cologne*, 6 mai 1912.

— L'héliothérapie des tuberculoses périphériques, en particulier articulaires. *Strahlentherapie*, t. I, fasc. 3, p. 211-273, 17 fig. Berl. et Vienne, 15 sept. 1912.

Barjon. — La radiothérapie comme traitement des adénites tuberculeuses. *Lyon méd.*, 14 octobre 1906.

— Lymphadénie. *Lyon méd.*, t. CX, p. 372-74; 1908.

— Résultats obtenus par la radiothérapie dans la polyadénite inflammatoire d'après cinquante observations. *Lyon méd.*, p. 825; 1908.

— Ganglion suppuré et fonctions capillaires. *Lyon méd.*, t. CXI, p. 1145; 1908.

— Radiothérapie dans les polyadénites inflammatoires. *Arch. d'Électr. méd.*, t. XVI, p. 614. Bordeaux, 1908.

— Traitement radiothérapique des adénites suppurées, des ulcérations et des fistulisations d'origine ganglionnaire. *IIIe Congrès intern. de physiothér.* Paris, 1910.

— Traitement radiothérapique des polyadénites inflammatoires et suppurées. *Lyon chir.*, t. VI, p. 630-641; 1911.

Barnard (J. E.) et Morgan (H. de R.). — The physikal factors in phototherap. *Brit. med. Journ.*, 14 novembre 1903.

Baroni et Jonnesco Mihanisti. — Sur la destruction par les ultra-violets des principes actifs des sérums normaux et préparés. *C. R. Soc. Biol.*, 5 mars 1910.

Baubrimont. — Influence de la lumière et de ses radiations sur les êtres vivants.

Son application au traitement des plaies au moyen de pansements colorés. *Th. de Bordeaux*, nº 52; 1910.

Baumgarten. — Das Licht als Substanz. *Arch. f. Lichtther.* Berlin, 1901.

Bayle (M.). — Contribution à l'étude de la photothérapie (Méthode de Finsen). *Th. de Lyon*, nº 156; 1901.

Bazy. — Tuberculose osseuse et rayons X. *Bull. Soc. de Chir.*, 2 février 1898.

Beck (N.) et Schultz. — De l'action exercée par la lumière dite monochromatique sur le développement des bactéries. *Zeit. f. Hyg. u. Infect.*, t. XXIII, p. 3.

— The Rœntgen rays in surgery. *Ann. X-Ray. Journ.*, t. I, p. 83-88. Saint-Louis, 1897.

— Rontgen Rays. Diagnostic et thérapeutique.

Béclard (J.). — Influence de la lumière et des divers rayons colorés du spectre sur le développement des animaux, sur les phénomènes de nutrition en général. *C. R. A. S.*, 1858 et rappel des *C. R. A. S.*, t. LXXIII, p. 1487.

— Influence de la lumière sur les animaux. *C. R. A. S.*, 1er mars 1858.

— Influence de la lumière sur les animaux. *C. R. A. S.*, t. XLVI; 1859.

Béclère (A.). — L'évolution de la radiothérapie. *Bull. de la Soc. de l'Int.*, juin 1907.

— La radiothérapie, médication spécifique des lymphadénies et des leucémies. *Archiv. d'Élect. méd.*, p. 495, 10 juillet 1905.

— La radiothérapie, ses bases scientifiques, son domaine. *Journ. méd. Franç.*, p. 261-274, 15 juin 1910.

Becquerel (E.). — La lumière, ses causes, ses effets. Paris, 1868.

— Des effets produits sur les corps par les rayons solaires. *Ann. de Phys. et de Chim.*, 3e série, nº 9.

— Procédé pour rendre visibles les bandes sans chaleur du spectre infra-rouge. *Journ. de Phys.*, 1re série, t. VI, p. 137.

— Sur l'observation de la partie infra-rouge du spectre au moyen des effets de phosphorescence. *C. R. A. S.*, t. LXXXIII, p. 249 et t. IC, p. 417; 1884.

Behring. — Uber die Wirkung violetten u. ultra violetten Lichtstrahlen. *Mediz. naturw Archiv.*, t. I, 1907.

Bellamanière. — Étude de l'action de la photothérapie sur l'adénite et l'arthrite tuberculeuse. *Th. de Paris*, 1903.

Bellini. — Luce e salute photeterapia. Milano, Hœpli, 1903.

Belot. — Radiothérapie. *Th. de Paris*, 1904.

— Les rayons de Rœntgen et les affections des organes hématopoïétiques, leucémies et pseudo-leucémies. *Archiv. Élect. méd.*, 10 juillet 1906.

— Sur quelques malades traités par la radiothérapie. *Journ. de physioth.*, t. IV, p. 280-288. Paris, 1906.

— Recent progress in Rœntgenology and Rœntgenotherap. *Arch. Rœntg. Ray.*, t. XII, p. 344-351. London, 1907-1908.

— Contribution à la question des filtres en radiothérapie. *Bull. et Mém. de la Soc. de Radiol. méd. de Paris*, février 1909.

— La filtration en radiothérapie. *Archiv. d'Élec. méd.*, 10 août 1910.

— et Wignal (W.). — A propos d'un nouveau tube de Rœntgen à vide de Hittorf (tube Coolidge). *Journ. de Radiol. et d'Électr.*, p. 227-232, 4 fig., avril 1914, nº 4.

Below. — Licht und zweech im All. Teleologie odervibration? Eine falsche Fragestellung. *Arch. f. Lichttherap.* Berlin, 1900.

— Die Lichttherapie, die Thierapie des kommen den Jahrhundert. *Arch. f. Lichtthérapie.* Berlin, 1900.

— Eisen und Blei durch gangig für Lich. *Arch. f. Lichttherap.* Berlin, 1900.

— Vorzeitige Urteile über Lichtterap. *Arch. f. Lichttherap.* Berlin, 1901.

— Zur Vorgeschichte des Lichttherap. *Arch. f. Lichttherap.* Berlin, 1901.

Below. — Volksaufklarung über Lichttherapie durch Bernfene oder Unbernfene. *Arch. f. Lichttherap.* Berlin, 1901.
— Praktische kurse für Lichttherapie. *Arch. f. Lichttherapie.* Berlin, 1900.
— Das schweisslose Lichthad. *Arch. f. Lichttherap.* Berlin, 1901.
— Das licht in der Tropenhygiène. *Arch. f. Lichttherap.* Berlin, 1901.
— Die reformatorische. Bedentung der Lüft und Lichttherap. fur medicin u. Hygiene. *Arch. f. Lichttherap.* Berlin, 1901.
— Die prioritat der inneren Lichttherapie. *Arch. f. Lichttherap.* Berlin, 1901.
— Malaria kachexie und Licht. *Arch. f. Lichttherap.* Berlin, 1901.
— Licht. Litteratur der Naturheillosen. *Arch. f. Lichttherap.* Berlin, 1901.
Benoit. — La cure marine. *La Clinique*, 1908.
Berard et Ronot. — Héliothérapie dans la tuberculose chirurgicale (avec discussion). *Soc. de Chir. de Lyon*, 21 décembre 1911.
Berdez. — Les indications de la radiothérapie. *Rev. méd. de la Suisse rom.* t. LXXVIII, p. 5-20. Genève, 1908.
Bergmann et Linser. — Ueber die locale und allgemein wirkung der Rœntgenstrahlen, *Münch. med. Wochen.*, p. 994; 1904.
Bergonié. — Traitement par les Rayons X des tuberculoses osseuses. *Semaine méd.*, p. 349; 1898.
— La radiothérapie, son état actuel. *C. R. Soc. de méd. de Bordeaux*, t. XXXIV, p. 601-603; 1904.
— Sur l'état actuel de la radiothérapie (Rap.). *Arch. d'Électr. méd.*, t. XIII, p. 563-568. Bordeaux, 1905.
— Sur l'action favorable des rayons X dans les adénopathies tuberculeuses. Congrès de tuberculose, 1905.
— L'action nettement favorable des rayons X dans les adénopathies tuberculeuses non suppurées. *Arch. d'Électr. méd.*, n° 171, p. 604 et n° 164, p. 300.
— et Tribondeau. — Action des rayons X sur différents organes. *C. R. Soc. de Biol.*, t. LVII, p. 400, 592 et 595; 1904.
— — Action des rayons X sur différents organes. *C. R. Soc. de Biol.*, t. LVIII, p. 154-155, 282, 284, 678, 1029; 1905.
— — Action des rayons X sur différents organes. *C. R. Soc. de Biol.*, t. LXII, p. 105-274; 1907.
— — Action des rayons X sur différents organes. *C. R. Soc. de Biol.*, t. LXIV, p. 478 et t. LXV, p. 147; 1908.
Berg et Meyer. — Methoden zur Messung der wirksamkeit violetter und ultraviolletter strahlenquellen (1 Mitteilung). *Strahlenthérapie*, t. I. p. 189-207. Berlin et Vienne, 1912.
Berlotti. — Héliothérapie dans les tuberculoses locales. *Arch. de Méd. des Enf.*, n° 8, p. 567-570, août 1908.
Berne. — L'héliothérapie sur la côte basque. *Rev. méd. de Biarritz* et Congrès de Biarritz, 1908.
Bernheim (S.). — Nouvelles recherches sur la radiumthérapie dans la tuberculose. *Méd. orient.*, t. XV, p. 643-667. Paris, 1911 et *Rev. internat. tuberc.*, t. XX, p. 325-371. Paris, 1911.
Bert (P.). — Influence de la lumière sur les êtres vivants. *Rev. scient.*, p. 987; 1878.
— Influence des diverses couleurs sur la végétation. *C. R. A. S.*, t. LXXIII, p. 1444.
Berthelot (Daniel). — Les effets chimiques des rayons ultra-violets. *Rev. gén. des Sc.*, 30 avril 1911.
— Les rayons ultra-violets et les actions vitales. *Rev. scient.*, t. I. p. 353-357. Paris, 1912.
— De la nature des radiations solaires au niveau de la mer et des moyens de

les mesurer. *Rapport au Congrès de l'Assoc. intern. de Thalass. de Cannes de 1914*, 49 p., 7 fig.

Berthelot et Gaudechon. — La nitrification par les rayons ultra-violets. *C. R. A. S.*, t. CLII, p. 522-524; 1911.

— — Action des rayons ultra-violets moyens et extrêmes sur l'aldéhyde éthylique; acidifications, polymérisations, résinification, t. CLVI, p. 233-236. Paris, 1913.

— — Sur les différents modes de décomposition photochimique du glucose et du galactose suivant la longueur d'onde des radiations. *C. R. A. S.* t. CLV, p. 831-836. Paris, 1912.

— — Sur l'inversion du saccharose par les rayons ultra-violets. *C. R. A. S.* t. CLVI, p. 468-470. Paris, 1913.

— — Synthèse photochimique d'un composé nouveau : l'oxycyanure de carbone au moyen des rayons ultra-violets. *C. R. A. S.*, t. CIV, p. 1766-1768. Paris, 1913.

Berthelot (Marcelin). — Leçons sur les méthodes générales de synthèse (1864), p. 180 et 181.

Bernay (M.) et Bernay (A.). — L'héliothérapie artificielle électrique dans le traitement de la tuberculose. *Soc. de méd. de Par.*, 2e série, t. XXV, p. 204-206; 1912.

Bernhard. — Terapeutische Verwendung des sonnenlichts in der Chirurgie. *Korrespond. f. Schwetzer Arzte*, 1904.

— Traitement à ciel ouvert des plaies par l'exposition au soleil et par la dessiccation. *Münch. med. Woch.*, H. 1, 5 janvier 1904.

— *Zeit. f. diatet. u. physikal. therapie*, H. 5; 1905.

— Congrès international de la tuberculose. Rome, avril 1912.

— Heliotherap. im Hochgebirge. *Enke*. Suttgart, 1912.

— Heliotherapie der chirurgischen tuberkulose inn. Hochgebirge. *Kinder Arzt*, t. XXIII, p. 365. Leipzig, 1912 et t. XXIV, p. 2; 1913.

Bertrand. — Effets de la lumière sur les êtres organisés. *Th.*, 1799.

— Essais touchant l'influence de la lumière sur les êtres organisés, sur l'atmosphère et sur les différents corps étrangers. *Th. de Paris*, an VIII.

Berts. — Per la Heliotherapia dei bambini deboli e scrofolosi. *Bull. ged. assoc. per le cur maritimus*, n° 14; 1912.

Beyerinck. — Action de la lumière sur les monades. *Centrabl. f. Bacteriol.*, t. XIV, p. 827.

Bidder et Schmidt. — Verdauungssäfte u. der Stoffwechsel. Leipzig, p. 317; 1852.

Bidon. — Du traitement actuel de la tumeur blanche du genou chez l'adolescent et chez l'adulte. *Th. de Lyon*, n° 146, juillet 1912.

Bié (W.). — Untersuchungen über die bacterientotende Virkung, etc. *Mittheilungen aus Finsens Lichtinstitut*. Leipzig, Vogel, 1900.

— Die Anwendung des Lichtes in der Medicin, 1905.

— Is the bactericidal power of Light den to a directaction on the bacteria or an indirect action by the developpement of a bactericidal substance in the nutritive substratum? *Medd. f. Finsens med. Lysinst. Kobenh.*, n° 9, p. 56-109; 1904.

— Mittheilungen aus Finsens, *Médic. Lichtinstitut*, 1905.

— Lichthérapie. *Deut. Aertze zeit.* Berlin, 1912.

Bielecki (J.) et Wurmser (R.). — Ueber die Wirkung ultra-violetten strahlen auf stäke. *Biochim. Zeitschr.*, t. XLIII, p. 154-164. Berlin, 1912.

Bienfait (A.). — L'utilisation des rayons X en médecine. *Ann. Soc. méd.-chir. de Liége*, t. XIV, p. 215-235; 1906.

Bierry (H.) et Henri (V.). — Action des rayons ultra-violets sur certains hydrates de carbone. *C. R. Soc. de Biol.*, t. LXVIII, p. 821 ; 1910.
— — et Ranc (A.). — Action des rayons ultra-violets sur la saccharose. *C. A. R. S.*, p. 1629-1632, Paris, 1911 et *C. R. Soc. de Biol.*, t. LXX, p. 877. Paris, 1911.
— — — Recherches sur l'hydrolyse du saccharose par les rayons ultra-violets. *Journ. de Physiol. et de Path. générale*, t. XIII, p. 700-708. Paris, 1911.
Bissérié et Mezerette. — Statistique radiothérapique. *Bull. Soc. franc. de Dermat. et Syphil.*, t. XVI, p. 129-136. Paris, 1905.
— et Also. — *Ann. de Dermat. et Syphil.*, 4e sér., t. VI, p. 345-352. Paris, 1905.
Bleyer (J. M.). — Crookess. X and other Light rays : a problem yet to be solved in therapeutics. *N. Y. med. Surg.*, t. LXIII, p. 245-247 ; 1896.
— Light is therapeutic importance in tuberculos os founded upon scientific researches. *Journ. tuberc.* Ashéville V. C., 1902.
Bloch. — Société de Biologie, 12 décembre 1903.
Boggs (R. H.). — The use of the X ray in Medicine and Surgery. *Med. News N. Y.*, t. LXXXV, p. 360-362 ; 1904.
— Treatment of non malignant diseases by the Rœntgen Ray. *Tr. coll. phys.*, 3e sér., t. XXVII, p. 16-22 et 28-33. Philadelphie, 1905.
Bohn. — L'évolution du pigment. *Coll. Scientia.* Naud, Paris, 1901.
— Travaux sur les actions de la lumière, les tropismes, les actions des autres radiations sur les animaux. *C. R. Soc. de Biol.*, 1904 à 1909.
Bongard. — La santé par le grand air. Baillière et fils, 1905.
Bonnefous (E.). — Contribution à l'étude de la radiothérapie dans les adénopathies tuberculeuses superficielles. *Th. de Bordeaux*, n° 8 ; 1907.
Bonnier et Mangin. — Respiration des plantes à la lumière. *Ann. des Sc. nat.*, t. XVII, XVIII, XIX, 1884.
— — L'action chlorophyllienne dans l'obscurité ultra-violette. *C. R. A. S.*, 1886.
Boppe. — De la technique des rayons de Rœntgen et de leurs applications dans certaines affections chirurgicales. In-8°. Lyon, 1899.
Bordier. — Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences. Ajaccio, 1901.
— Absorption des rayons ultra-violets. Application aux liquides de l'organisme et conséquences pratiques relatives à l'hygiène. *Lyon méd.*, nos 24 et 25 ; 12 et 19 juin 1910.
— Sur la radiothérapie ultra-violette. *C. R. Congr. internat. de physioth.* Paris, 1910. — T. III, p. 754-766 ; 1911.
— Action biochimique des radiations et en particulier des radiations de Rœntgen. *Arch. d'Electr. méd.*, t. XXII, p. 289-314. Bordeaux, 1913.
— Action biochimique des radiations et plus particulièrement des rayons X. *Rev. de méd.*, t. XXXIII, p. 784. Paris, 1913.
— et Nogier (T.). — Mesure du pouvoir actinique des sources employées en photothérapie. *Bull. Ass. franç. av. Sciences*, p. 345. Montauban, 1901. — *Arch. Electr. méd.*, t. XI, p. 1-6 ; 1903.
— — et Morel. — Action des rayons ultra-violets sur le sang et l'oxyhémoglobine pure. *Arch. d'Electr. méd.*., 25 janvier 1909.
Borissoff (P.). — Principes de photothérapie. *Presse méd.*, 21 septembre 1901.
Borriglione. — Traitement des tuberculoses chirurgicales par l'héliothérapie. *Th. de Paris*, 1905.
— Traitement des tuberculoses chirurgicales par l'héliothérapie sur le littoral méditerranéen, 1906.
Boubnoff. — Ueber das Permeabilitäts verhältnis der kleiderstoffe für chemisch wirkende Sonnenstrahl. *Arch. f. Hyg.*, t. X, p. 335 ; 1890.
Bouchard. — Recherches sur la pellagre, 1862.
— Traité de Radiologié Médicale, 356 fig., 7 pl., 1.100 p., Steinheil, 1904.

Bouchard. — *C. R. Soc. de Biol.*, Paris, 1877.

Bournadet. — Action de la lumière sur les bactéries. *Th. de Toulouse*, 1900.

Bovie (W. T.). — A preliminary note on the coagulation of proteines by ultra-violet light. *Science*, nouv. sér., t. XXXVII, p. 24. New-York et Lancaster, 1913.

Bowles (C.). — Pathological and Therapeutical value of the Rœntgen rays. *Lancet*, p. 1655. Londres, 1896.

Bowlby (L. A.). — The treatment of tuberculous joint disease in children; the results obtained without operation. *Proc. Roy. Soc. med.* London, 1911-1912. — V. Sect. Stud. dis. Child., p. 76-84; — Discussion, p. 107-120.

Bozzolo (C.). — Sull azione dei raggi X negli organi Leucopietici. *Giorn. d. roy. Accad. di med. di Torino*, 4° sér., t. X, p. 401-406.

Breda. — Relazione nella radioterapia nell Instituto radioterapico di Padova. *Giorn. Ital. d. mal. ven.*, t. XII, p. 38-41. Milano, 1906.

Breiger. — Kann man die Hohensonne Künstlich ersetsen. *Med. Klin.*, p. 698-700. Berlin, 1911.

— Die wissenschaftliche Begrundung der Lichttherapie. *Zeits. f. phys. und diatel. Therap.*, t. XV, p. 722-727. Leipzig, 1911.

Brinch (T.). — Les rayons lumineux peuvent-ils être libérés et employés en thérapeutique. *Semaine méd.*, t. XXXII, p. 445-447. Paris, 1912.

Broca et Chatin. — Emploi de l'arc électrique au fer en photothérapie. *C. R. A. S.*, t. CXXXIV, p. 562; 1902.

Broca (A.) et Mahar (V.). — Radiothérapie dans les tuberculoses locales. *Comm. au Congrès intern. de Méd. de Londres*, séance du 8 août 1913.

de Broglie (M.). — Sur un nouveau procédé permettant d'obtenir la photographie des spectres de raies des rayons de Rœntgen. *C. R. A. S.*, 17 novembre 1913.

— Sur la spectrocopie des rayons de Rœntgen. *C. R. A. S.*, n° 3, 19 janvier 1914.

Brucke. — Action de la lumière sur le caméléon. *Sitzungsber d. Wien Acad.*, t. II, p. 802; 1851.

Bruneau de Laborie. — Traitement radiothérapique des adénopathies tuberculeuses. *Bull. et Mém. Soc. méd. des Hôp. de Paris*, t. XXXIII, p. 533-536; 1912.

Brustein. — Die physiologische Wirkung des Lichtes in dem Kellogschen Lichbade. *Deut. Med. Woch.*, 1911.

Buchner. — Ueber den Einfluss des Lichten auf Bacterien Centralbl., 1892.

— Ueber den Einfluss des Lichtes auf Bakterien und über die selbstreinigung der Flüsse. *Arch. f. Hyg.*, t. XVIII, p. 179.

— Action de la lumière sur le bacille typhique, le bacille du choléra et le bacille coli. *Centralbl. f. Bakter.*, vol. II, p. 218.

Buisson et Fabry (L.). — La lumière ultra-violette. *Rev. gén. des Sc.*, 30 avril 1911.

Burdick (G. G.). — The present staties of radiotherapy. *Arch. physiol. therap.*, t. III, p. 126-134. Boston, 1906.

Busen et Roscoé. — Etude de l'absorption des rayons chimiques. *Pogg. Ann.*, t. XCVI, p. 373; t. C, p. 43 et 481; t. CI, p. 235; t. CVIII, p. 193; t. XCVII; p. 529.

Busham. — Ueber Litcht behandlung (Hygiea Stutg.), 1901.

Busk (G.). — Beitrag zur den Untersuchungen über die Durchstrahlungs möglichkeit des Korpers. *Mitteilungen aus Finsen's Med. Lichtinst.*, H. 4.

Butruille (Paul). — De la méthode de Bier dans le traitement des tuberculoses chirurgicales chez l'enfant. *Th. de Lille*, n° 20, 1908.

Bythell et Barclay. — X ray. diagnosis and treatment a text-book for general practitioners and students. H. Frowde, 159 pages, pl. in-8°. Londres, 1912.

Calot. — Le traitement des tuberculoses suppurées. *Paris méd.*, p. 501-503; 1911-1912.

Calot. — Le traitement des fistules tuberculeuses. *Clinique*, t. VII, p. 746. Paris, 1912.

— Le devoir du médecin en présence des tuberculoses externes. *Quinz. thérap.*, 25 juin 1913.

— A propos de l'héliothérapie dans le traitement des tuberculoses externes. *Quinz. thérap.*, 25 octobre 1913.

Calvé (I.). — Congrès international de la tuberculose. Rome, avril 1912.

— Traitement du mal de Pott. *Journ. de méd. français*, t. VI, p. 516-527. Paris, 1912.

Camino. — Hendaye, station climatique, ses indications. *Th. de Paris*, n° 11; 1913.

Campbell (C.-L.). — The influence of the X Ray on infection and suppurating tissus. *Railway Surg. Soc., Chicago*, t. XIX, p. 67-73; 1912-1913.

Capdeville. — Contribution à l'étude des rayons chimiques sur la peau et les microorganismes. *Th. de Lyon*, n° 45; 1902.

Caradec. — Les bains de soleil chez les enfants. *Hygiène usuelle*. Paris, 1900.

Carnot. — Recherches sur le mécanisme de la pigmentation. *Th. de Paris* (doctorat ès sciences), 1897.

— et Mlle Leflandre. — Persistance de la pigmentation dans les greffes épidermiques. *C. R. Soc. de Biol.*, 1896.

Casse. — Du traitement à la mer des scrofuleux et des tuberculeux. *Congrès intern. d'Hydrol. et de Climatol.*, 1889.

— L'Héliothérapie marine. *Rapport au Congrès de l'Ass. intern. de thalassoth. de Cannes*, 1914 (24 pages).

— Hôpitaux maritimes. *Bull. de l'Acad. royale de méd. de Belgique*, 4e série, t. II, p. 36.

Castiglioni (G.). — Ricerche sull étiopatogenesi sulla diagnosi specifia e considerazioni sulla terapia della tuberculosi chirurgica. *Osp. magg. Riv. scient. prat. d.*, t. VII, p. 83, 98, 146. Milano, 1912.

Cauvin. — Bienfaits de l'insolation. *Th.*, 1815.

Cayre (Berck). — Comment traiter les tuberculoses osseuses et articulaires. *Monde médical*, 5 mars 1914.

— Les rayons ultra-violets et leur application à la thérapeutique et à l'hygiène, 64 pages, n° 27. Lille, 1911.

Cazin. — De l'ablation des ganglions tuberculeux. Statisque de l'hôpital de Berck-sur-Mer. *Bull. et Mém. de la Soc. de chir.*, 58e sér., t. X, p. 222-229. Paris, 1884.

Celse. — De Medicina, t. III.

Ceresole (G.). — Contribution à la connaissance de l'action des rayons Rœntgen sur les jeunes animaux. *Bull. et Mém. de la Soc. de Radiol. méd. de Paris*, t. IV, p. 136-141, 1 pl.; 1912.

Cernovodeanu et Henri (V.). — Action de la lumière ultra-violette sur les toxines tétaniques. *C. R. A. S.*, t. CXLIX, p. 365-368. Paris, 1909.

— Étude sur l'action des rayons ultra-violets sur les microbes. *C. R. A. S.*, t. CL, p. 52-54.

— — Comparaison des actions photochimiques et abiotiques des rayons ultra-violets. *C. R. A. S.*, t. CL, p. 549-551. Paris, 1910.

— — Action des rayons ultra-violets sur les microorganismes et sur différentes cellules. *C. R. A. S.*, t. CL., p. 729-731. Paris, 1910.

Chanoz (M.). — A propos de récents travaux sur les rayons ultra-violets. Pouvoir catalitique, diastasique, pouvoir abiotique. *Ann. d'Électro-biol. et de Radiol.*, n° 6, p. 384-396, juin 1913.

Charcot. — L'action stimulante de la lumière est due aux rayons chimiques. *C. R. Soc. de Biol.*, p. 63; 1859.

Charton (F.). — De la méthode de Dreyer en photothérapie. *Th. de Lyon*, n° 111; 1905.

Chassanowitz. — Ueber den einfluss des Lichtes auf die Kohlensaure dissertation. Kœnigsberg, 1872.

Chassin et M. Carle. — Photothérapie. La lumière, agent biologique et thérapeutique. *Encyclopédie Léauté*. Masson et Cie, 1903.

Chauchard (A. et Mme). — Étude quantitative de l'action des rayons ultraviolets monochromatiques sur l'amylase. *C. R. A. S.*, t. CLVI, p. 1858-1860; 1913.

Chïais. — Rapport sur le traitement solaire. *Congrès de Cannes*, 1907.

— Des cures solaires directes. *Congrès de Climatol. de Nice*, 1907.

Chmielenwski. — Influence de la lumière sur les microbes de la suppuration. *Th. de Saint-Pétersbourg*, 1893.

Chmélevsky (P.). — Contribution à l'étude de l'action de la lumière électrique et solaire sur les microbes de la suppuration. *Vratch*, 14 mai 1902.

Chwann (Uff.). — Importance hygiénique de la lumière. *Rev. int. d'Ig.*, 1890.

Ciechauski. — État actuel de la question bactéricide de la lumière. *Th. de Moscou*, 1902.

Cilley (A.-H.). — The local and general treatment of tuberculosus abscesses and sinuses. *Post. graduate*, t. XXVII, p. 1021-1033. New-York, 1912.

Clandet. — Description d'un appareil destiné à mesurer l'intensité des rayons chimiques de la lumière. *C. R. A. S.*, t. XXVII, p. 370.

Cluzet de Bassal. — Action des rayons X sur l'évolution de la mamelle pendant la gestation. *C. R. A. S.*, t. CXLVI, p. 1049; 1908.

Cluzet et Hudellet. — Action des rayons X sur la glande mammaire. *C. R. Soc. de Biol.*, t. LXII, p. 145; 1907.

Codd (A.). — Some results of treatment by X rays high frequency currants and ultra-violet Rays. *Brit. méd. Journ.*, t. II, p. 176-180. Londres, 1904.

— Treatment of glandular affections by X rays. *Brit. méd. Journ.*, p. 1298-1301. Londres, 1909.

Collin. — Ultra-violet et eaux potables. *Th. de Lyon*, n° 72; 1912.

Collard (L.). — Le traitement radiothérapique des polyadénites infl. et tuberculeuses. *Th. de Lyon*, n° 115; 1911.

Colwell (A.-A.). — Transformation de l'amidon en dextrine par les rayons X. *Radium*, t. IX, p. 230-232. Paris, 1912.

Congrès (VIIe) International contre la tuberculose, de Rome (14-20 avril 1912). *Rev. de la Tuberc.*, 2e sér., t. IX, p. 257-467. Paris, 1912.

Constantin. — La thérapeutique des tuberculoses osseuses et ganglionnaires, suivant les méthodes Berckoises. *Gaz. méd. de Nantes*, 2e sér., t. XXX, p. 231, 301, 386; 1912.

— Cure marine et héliothérapie. *Arch. méd.-chir. de province*, t. VIII, n° 6, p. 543, janvier 1913.

Coolidge (W.-D.) [New-York]. — Puissante ampoule avec une décharge d'électrons indépendants. *The Americ. Journ. Rœntgen.*, vol. I, n° 3, 3 fig., p. 115-124, janvier 1914.

Coon. — Rœntgen ray treatment of disease. *Amer. Med.* Phil., p. 713; 1900.

Cornu (A.). — Sur la limite ultra-violette du spectre solaire. *C. R. A. S.*, t. LXXXVIII, p. 1101.

— Sur l'absorption par l'atmosphère des radiations ultra-violettes. *C. R. A. S.*, t. LXXXVIII, p. 1285.

— Observation de la limite ultra-violette du spectre solaire à diverses altitudes. *C. R. A. S.*, t. LXXXIX, p. 808.

— Recherches sur le spectre ultra-violet. *Ann. de l'École normale*, 2e sér., t. III, p. 421 et t. IX, 1874-1880.

Cornu (A.). — Sur l'absorption atmosphérique des radiations ultra-violettes. *Journ. Phys.*, 1re sér., t. X, p. 5 ; 1881.

Cortona (E.). — La fototerapie come cura complimentare invernale delle cure marine in alcune forme scrofulo tubercolaris cute et del sistenia articolare et osseo. *Gaz. d. Osp.*, t. XXXIII, p. 1305-1307. Milano, 1912.

Courmont (J.). — La stérilisation de l'eau par les rayons ultra-violets. *Rev. gén. des Sc.*, 30 avril 1911.

— et Lesieur. — Atmosphère et climats. *Traité d'Hygiène* de Brouardel et Mosny, fasc. I.

Courty. — IIe Congrès de climatothérapie. Pau, 1905.

Crestin (V.). — L'intensité actinique de la lumière à Saint-Pétersbourg. *Photo-Revue*. Paris, 24 mars 1901.

Crookes (W.). — Les théories modernes de la matière. *Éclairage électr.* 10 oct. 1903 et *Arch. Élect. méd.*, p. 114. Paris, 1904.

Crothers (T. D.). — The physics of Light therapy Charlotte (N. C.). *Méd. Journ.*, t. LXII, p. 389; 1910.

Cumberbatch (C.-P.). — Case showing favourable results, of treatment of suppurating tuberculosus glands by X Rays. *Proc. Roy. Soc. med.*, VI, Électrothérap., sect. 137. Londres, 1912-1913.

Darbois. — Traitement du lupus vulgaire suivant les indications. *Th. de Paris*, 1901.

Dausset. — L'utilisation en thérapeutique médicale des rayons ultra-violets, *Paris méd.*, p. 99-102, 27 juin 1914.

Davis (W. A.). — The chemical action of light on organic compounds. *Science Progr.*, t. VII, p. 251-279, 20 cent. London, 1912.

Degrais. — Des rayons chimiques et de leur emploi dans la thérapeutique des affections cutanées. *Th. de Paris*, no 17, 1902.

Delille (Armand). — L'héliothérapie. Monographie de 35 pages, no 75. Masson.

— Héliothérapie : méthode de Rollier. *Ann. de Méd. et de Chir. infant.*, p. 526-531. Paris, 1912.

— Traitement des tuberculoses chirurgicales par la méthode héliothérapique. Soc. de Pédiatrie, 12 mars 1912.

— Rapport sur l'héliothérapie. Discussion. Soc. de Pédiatrie, 11 juin 1912.

— L'héliothérapie dans le traitement des tuberculoses externes. *Presse méd.*, 15 février 1913.

Denucé. — Cure marine et cure chlorurée sodique dans le rachitisme. Congrès de Climatoth., 1908.

Desains. — Sur l'existence de plusieurs maxima et minima dans l'infra-rouge du spectre. *Journ. de Phys.*, 1re sér., t. I, p. 335; 1882.

Desplats. — Radiothérapie des adénites inflammatoires et tuberculeuses. Lille, chez Morel.

— Du traitement des adénites tuberculeuses par les rayons X. *Arch. d'Electr. méd.*, no 172, p. 626; 1905.

— Lymphadénome volumineux traité par les rayons X et guéri depuis plus de trois ans. *Journ. des Soc. méd. de Lille*, p. 481-483; 1909.

— La radiothérapie dans la thérapeutique des adénites inflammatoires et tuberculeuses. Considérations sur son mode d'action. *Journ. des Sc. méd. de Lille*, p. 573-584; 1912.

Destot. — Les troubles physiologiques et trophiques dus aux rayons X. *C. R. A. S.*, t. CXXIV, p. 1114; 1897, et *Deut. mediz. Woch.*

— Action physiologique et thérapeutique des rayons X. *Echo méd. de Lyon*, t. III, p. 321-329; 1898.

Destot. — Action physiologique des rayons X. *C. R. Ass. franç. pour l'avanc. des Sc.*, 1897 et Paris 1898, t. XXVI, 2e part., p. 518-523.

Dhéré (C.) et Rogowski. — Sur l'absorption des rayons ultra-violets par les chlorophylles α et β et par la chlorophylle cristallisée. *C. R. A. S.*, t. CIV. p. 653-656. Paris, 1912.

Dieudonné. — A quels rayons appartient l'action bactéricide de la lumière. *Arb. aus dem kals. gesundheitsamt*, vol. IX, p. 412.

Doche (J.). — De l'héliothérapie en climat marin. *Pédiatrie prat.*, p. 596-600. Lille, 1912.

— *Pédiatrie prat.*, 8 décembre 1912.

— Rapport sur l'héliothérapie dans les tuberculoses chirurgicales, plus particulièrement en climat marin. *Gaz. des Eaux*, t. LVI, p. 474-481. Paris, 1913.

— L'héliothérapie dans les tuberculoses chirurgicales, plus particulièrement en climat marin. *Rev. méd. de Biarritz*, t. VII-VIII, mais-juin 1913.

— Immobilisation des arthrites tuberculeuses et héliothérapie. *Journ. de méd. de Bordeaux*, t. XLIII, p. 402, 22 juin 1913.

— Valeur de l'héliothérapie en climat marin. *Journ. des Prat.*, 3 janvier 1914.

Dolleys (C. S.) et Egbert (E.). — Rœntgen rays present in Sunlight. *Science*. nouv. sér., t. III, p. 357. New-York et Lancaster. Paris, 1896.

Dominici et Chéron. — Radiumthérapie des tuberculoses profondes extra-pulmonaires. *Paris méd.*, p. 502-504; 1910-1911. Aussi *Rev. int. de tuberculose*, t. XX, p. 405. Paris, 1911.

Donnat (J.). — Considérations pratiques sur l'état actuel de la radiothérapie rœntgenienne. *Bull. et Mém. Soc. de méd. de Vaucluse*, t. III, p. 528-535. Avignon, 1907.

mac Donnel. — Exposé de quelques expériences concernant l'influence des agents physiques sur le développement des têtards. *Journ. phys.*, de Brown-Séquard, t. II, p. 265; 1859.

Dorn (L.). — The fourth international Congress of Physiotherapy. Berlin, mars 1913. — Rapport of the Section of rœntgentherapy. *Arch. Rœntg. Ray*, t. XVIII, p. 54-72. London, 1913.

Dorno. — Studie über Licht und Luft des Hochgebirges, 1911.

van Dorp (D.). — Behandelung van tuberculeuze Laarden met Rœntgenstralen. *Nederl. Tigdsch. V. Geneesk*, t. I, p. 1265. Amst., 1913.

Doumer (E.). — Traitement de l'ostéite tuberculeuse par l'effluvation de haute fréquence. *Gaz. des Prat.*, t. XIX, p. 197. Lille, 1912.

— Traitement de l'ostéite tuberculeuse par l'effluvation de haute fréquence. *C. R. A. S.*, t. CLIV, p. 903-905; 1912.

— Traitement des ostéites tuberculeuses par l'air marin et par l'électrisation. *Rev. de Thérap. méd. chir.*, t. LXXIX, p. 768. Paris, 1912.

— Traitement des ostéites tuberculeuses par l'air marin et l'électrisation. *Ann. de la polyclin. de Flechner*, t. XXIV, p. 35-38; 1913.

— Les arthrites tuberculeuses. *Ann. d'Electrobiol. et de Radiol.*, n° 6, juin 1913.

Dovrance (G. N.). — Cervical adenites. With special reference to the X Ray. Method of treatment. *Penn M. J.*, t. XVI, p. 141-147. Athènes, 1912-1913.

Downes. — On the action of sunlight on Microorganisms ecc. *Proceedings of the Roy. Soc. of London*, vol. XL, p. 14, 1er février 1886.

— et Blunt. — Researches on the Effect of Light upon bacteria. *Proceed. of the Roy. Soc. of London*, t. XXVI, p. 488, décembre 1877.

— — *Proceed. of the Roy, Soc. of London*, t. XXVIII, 1878.

Draper (J. W.). — Sur la décomposition du gaz CO^2 et sur celle des carbonates alcalins par la lumière du soleil. *Ann. de Phys. et de Chim.*, 3e sér., n° 11.

Dreyer. — Ueber den Einfluss des Lichter auf tiensche Gewebe u. sensibilisirung. *Mitteilung aus Finsens's Med. Licht Inst.*, t. IX, p. 180; 1905.

von Drigalski. — Zur Wirkung der Lichtwarmestrahlen. *Centralbl. f. Bakter.*, 23 juin 1900.

Dubois (R.). — Action de la lumière sur les animaux. *Phys. biol.* de d'Arsonval, t. II, p. 272-294.

— Sur le protée à la lumière. *C. R. Soc. de Biol.*, p. 360; 1890.

— Les rayons X et les êtres vivants. *C. R. Soc. de Biol.*, 10e sér., t. III. p. 384; 1896.

— Sur les propriétés physiques de la lumière physiologique. *C. R. A. S.*, t. CLIV, p. 1001-1003. Paris, 1912.

Dubrunfault. — Statistique de la lumière dans les phénomènes de la vie des végétaux et des animaux. *C. R. A. S.*, t. LXVI, p. 425.

Duclaux. — *C. R. A. S.*, séances du 12 janvier et 3 août 1885.

— Action de la lumière sur les microbes. *Ann. de l'Inst. Pasteur*, 1887.

— L'action de la lumière est liée à un phénomène d'oxydation. *Ann. de l'Inst. Pasteur*, p. 88; 1887.

— Action de la lumière sur les microbes. *Ann. de l'Inst. Pasteur*, 1890.

— Traité de microbiologie. Paris, 1898.

Ducourrech de Raquine (Joseph). — La cure d'altitude en hiver. *Th. de Bordeaux*, n° 45; 1910.

Dupaigne (J.). — De la climatologie du littoral méditerranéen français dans ses rapports avec l'héliothérapie. *Rapport au Congr. de l'Ass. intern. de thalassoth. de Cannes* (40 pages), 1914.

Dürich. — Uber die Wirkung intensiver Belichtung auf den Gaswechsel u. die Atemmechanik. *Biochem. Zeitsch.*, t. XXXIX, p. 469.

Dunham (K.). — Metabolic researches in cases which have been exposed to the X ray. *Lancet clinic.*, nouv. sér., t. LVIII, p. 631-633. Cincinnati, 1906.

Dutrochet. — Recherches sur les enveloppes du fœtus. Bruxelles, 1834.

Eastmoud (L.). — A Study of the physiological acters of the Rœntgen ray, t. XX, p. 321-325, Brooklyn, M. I, 1906.

Edwards. — Influence des agents physiques sur la vie. Paris, 1818.

— Les agents physiques et la vie, 1825.

— (Hall). — The effects upon bone due to prolenged exposure to the X Rays. *Arch. Rœntg. Ray.*, t. XIII, p. 144, 1 pl. London, 1908.

Effets thérapeutiques des rayons X. *Journ. de Méd. et Chir. prat.*, t. LXXV, p. 641-646. Paris, 1904.

Effront (S.). — Action de la lumière et de l'eau oxygénée sur les matières albuminoïdes et acides amidés. *C. R. A. S.*, t. CLIV, 1111-1114. Paris, 1912.

Ehlers. — Recherches sur l'inflammation provoquée par l'action de la lumière solaire. *Semaine méd.*, 18 octobre 1893.

Ehrmann (François). — La filtration en radiothérapie. Étude physique et clinique. *Th. de Paris*, n° 433; 1911.

Elfing. — Studien über den Einwukung des Lichtes auf die Pilze. Helsingfors, 1900.

Elliott. — X Ray. Studies of chronic arthrites; together with a criticism of present day classification. *Am. J. orthop. Surg.*, t. IX, p. 153-168. Philadelphie, 1911-1912.

Elmslie (R. C.). — Tuberculous disease of the lones and joints; présent position of the treatment in London. *Lancet*, p. 1424-1426. Londres, 1912.

Engelmann. — *Pflüger's Archiv.*, t. XIX, p. 1, et t. XXXV, p. 498.

— Ueber Bewegimgen der Zapfen und Pigment-Zellen unterdem Einflusse des Lichtes und vervensystems. *Pflüger's Archiv.*, Bd XXXV, p. 498; 1884.

Estor. — L'héliothérapie. *Ann. de méd. et de chir. infant.*, t. XVII, p. 289-302. Paris, 1913.

— Conférence faite à l'Association polytechnique de Perpignan, 12 janvier 1913. In *Montpellier méd.*, 9 mars 1913.

Euler (H.) et Lindberg (E.). — Ueber biochemische Reaktionen im Licht. *Inst. Biochem. Zeit.*, t. XXXIX, p. 410-421. Berlin, 1912.

Fabry (Ch.). — Sur l'intensité de l'éclairement produit par le soleil. *C. R. A. S.*, t. CXXXVI, p. 973; 1903.

Fato. — La radiothérapie dans les lymphadénomes. *Bull. et mém. Soc. de Radiol. méd. de Paris*, t. III, p. 277-279; 1911.

Faure. — *Mémoires de l'Académie Royale de Chirurgie*, 1774.

Feldstein. — The treatment of tuberculous glands of the neck by the X ray. *New-York méd. Journ.*, 5 janvier 1907.

Felten et Stolzenberg. — Sonnenbehandlung der chirurgischen tuberkulose an der see. *Deuts. médiz. Woch.*, t. XXXVIII, p. 210; 1912.

Féré. — Accidents produits par la lumière électrique. *Semaine méd.*, p. 180; 1889.

Fernandez (Osuna). — Accion fisiologica general de la radioterapia., *Gac. méd. d. sur. de España*, t. XXIV, p, 478-484. Grenade, 1906.

Ferrand et Krougkoll. — Adénite cervicale tub. favorablement traitée par les ray. X. *Gaz. des Hóp.*, p. 819, n° 20, juin 1905.

Festal (A.). — La cure solaire à Arcachon. *Journ. méd. franç.*, p. 475, 15 novembre 1913.

Feuwick (W. S.). — The conservative treatment of tuberculosis of the joints. *Brit. med. Journ.*, t. II, p. 109-111. London, 1913.

Finsen. — Ueber die Bedentung der chemischen Strahlen des Lichtes für medizinische Biologie. Vogel, Leipzig, 1894.

— Les rayons chimiques et la variole. *Sem. méd.* Paris, 1894.

— Lyset som incitament nogle experimenter Hospitals-titende. n° 8. Copenhague, 1895.

— Traitement du lupus vulgaire par les rayons chimiques. *Sem. méd.*, 28 octobre 1897.

— De la photothéraphie. *Presse méd.* Paris, 1898.

— Ueber die Bedeutung den chemischen Strahlen des Lichtes für medicin und Biologie. Vogel, Leipzig, 1899.

— Die resultate der Behandlung des lupus vulgaris durch concentrirte chemische Lichstrahlen. *Allg. Wien med. Zeit.*, 1900.

— Mittheilungen aus Finsen's Lichtinstitut, 3. Leipzig, 1900.

— A note on light hatles. *Journ. phys. thérap.* Londres, 1900.

— Institut photothérapique subventionné par l'État danois et par la ville de Copenhague. Traitement de la variole par la lumière rouge photothérapique. Bains de lumière. Naud, Paris, 1900.

— Traitement du lupus vulgaire par les rayons lumineux concentrés (XIII[e] Congrès intern. de méd., sect. de dermatol.). *C. R. A. S.*, 1901.

— Bemerkungen betreffend die Lampe « Dermo ». *Deut. med. Woch.*, n° 2, 1902.

— et Bié. — Mitteilungen aus Finsen's Licht-Institut. Leipzig, 1900.

Finzi. — The present position of X ray. therapeutics. *Folia therap.*, p. 119. London, 1907.

Flammer (August). — Lichtbiologie und Heliotherapie, chez Gebr. Leemann et C[ie], 88 pages. Zurich, 1911.

— Lichtbiologie und Heliotherapie Schweiz ærtl. *Mitt. a. Univ. Inst.*, t. I, p. 58. Zurich, 1911.

Fletcher. — The respiratory survival of muscle. *The Journ. of physiol.*, t. XXIII, p. 10 ; 1889.

Forgue. — Une visite aux sanatoria suisses pour le traitement des tuberculoses, Leysin et Davos. *Gaz. hebd. méd.*, 28 juin 1906.

Forbes (A. M.) et Copeland (G. G.). — Héliotherapy., t. XCVI, p. 1001. New-York M. S., 1912.

Fouillit. — L'ultra-violet : Ses propriétés, ses applications, n° 68. *Th. de Lyon.* Paris, 1910.

Foveau de Courmelles. — Traité de radiothérapie médicale et scientifique. Paris.

— Action physiologique des rayons X et leur mécanisme. *C. R. Soc. de Biol.*, 10e série, t. IV, p. 750-752. Paris, 1897.

— Les rayons X et la nutrition des tissus. *C. R. Congrès intern. de Neur. et de Psych.*, 1897, t. I, fasc. 2, p. 127-131. Bruxelles, 1898.

— Action thérapeutique de la lumière. *Arch. de Thérap.* Paris, 1901.

— De la radiothérapie infantile. *Ann. de méd. et chir. inf.*, t. V, p. 123-156. Paris, 1901.

— Les cures de lumière. *Rev. méd.* Paris, 1902.

— Radiopathologie et radiothérapie. *Rev. méd.*, t. XII, p. 753-773. Paris, 1903.

— Les divers rayons actiniques en thérapeutique médicale et chirurgicale. *Rev. méd. du Canada*, t. VIII, p. 212. Montréal, 1904-1905.

— Action atrophique glandulaire des rayons X. *C. R. A. S.*, t. CXL, p. 606 ; 1905.

— Fulguration et radiothérapie au Congrès de Chirurgie. *Ann. de thér. dermat. et syph.*, t. VII, p. 457-463. Paris, 1907.

— La lumière en thérapeutique et son hygiène. *Journ. de méd. int.*, t. XVI, p. 151-153. Paris, 1912.

— La lumière en thérapeutique et en hygiène. *Ann. de méd. et chir. infant.*, t. XVI, p. 328-337. Paris, 1912.

— Action du soleil. *Bull. méd. de la Soc. d'hygiène de l'enfance*, t. XXVII, n° 221, p. 87, mai 1913.

— et Barbarin (P.). — Pouvoir bactéricide comparatif des diverses lumières. *C. R. A. S.*, 1909.

Fraenkel (M.). — Die Rœntgenstrahlen im Kampfgegen die tuberculose. *Berl. klin. Woch.*, t. XLIX, p. 458-462 ; 1912.

Frankel (E.) et Budde (W.). — Histologische-Zytologische und Serologische. Untersuchungen bei rœntgenbestrahlten. Meerschweinchen. *Fortschr. a. d. Geb. d. Rœntgenstrahlen*, t. XX, p. 355-364, 1 pl. Hamb., 1913.

Freund (L.). — Ueber radiotherapie. *Wien med. Presse*, t. XL, p. 1285-1292 ; 1899.

— Therap. Lexikon f. prakt. Aerzte 3. Aufl., t. II, p. 658-669. Berlin et Vienne, 1901.

— Ueber radiotherapie. *Zeit. f. diätet. u. physik. therap.*, t. VII, p. 96-104. Leipzig, 1903.

— Beiträge zur radiotherapic. *Wien. med. Woch.*, t. LIII, p. 853-857 ; 1903.

— Fortschritte auf dem gebrete der Licht biologie. *Jahresb. f. Arzt. Fortbild.* Münschen, 1911.

— Traitement par les rayons X des tuberculoses osseuses. *Wiener klin. Woch.*, 18 février 1904.

Freund (R.). — Die biologische Wirkung der Rœntgenstrahlen und ihre Verwertung in der internen Medizin. *Zeit. f. Arztl. Fortbild.*, t. IV, p. 458-464. Iéna.

— Traitement des ostéo-arthrites tuberculeuses. *Ann. d'Électrol. et de Radiol.*, 1908.

— Congrès de physiothérapie de Rome, 1908. In *Ann. d'Électrobiol.*, avril 1908.

— Traitement des ostéo-arthrites tuberculeuses. *Journ. de Radiol. belge*, vol. III. n° 4, p. 384 ; 1909.

Franzoni. — De l'élimination spontanée des séquestres tuberculeux par la cure solaire, 1910.

— De l'influence des rayons solaires sur les ankyloses consécutives aux arthrites tuberculeuses. *Rev. méd. de la Suisse romande*, 20 janvier 1911.

— Ueber den Einfluss der Sonnenstrahlen auf tuberkulose sequester (23 fig.). *Th. de Bâle*, 1912. Tirage à part dans : *Deutz. zeit. f. Chirurgie*, t. CXIV, p. 371, 4 avril 1912.

Friedmann. — La photothérapie, ses avantages dans le traitement du lupus vulgaire. Paris, 1910.

Friedrich, Knipping et Laue. — Phénomènes d'interférence des rayons de Rœntgen. *Radium*, p. 47; 1913.

Furck. — La cure solaire comme moyen d'améliorer l'état général. *Th.*, 1852.

Gagliardi. — Importanza terapeutica dei raggi Röntgen. *Riv. med.*, t. XIV, p. 183. Milano, 1906.

— Importanza terapeutica dei raggi Röntgen. *Riv. med.*, t. XV. p. 6, 28, 57, 111. Milano, 1907.

Gaillard. — Influence de la lumière sur les microorganismes. *Th. de Lyon*, 13 janvier 1888.

Gardiner (J. H.). — On some effects produced by radiations. *Arch. Rœntg. Ray*, t. VII, p. 126-133, 1 pl. London, 1902-1903.

Garré (C.). — Die Behandlung der Knochen und Gelenktuberculose. *Arch. J. klin. Chir.*, t. CI, p. 376-397. Berlin, 1913.

Gautheron (Charles). — Le lupus et la photothérapie. Technique. Résultats. Indications. *Th. de Lyon*, n° 194; 1903.

Geigel. — Die neuen Strahlen inder therapie. *Würzb. Abhandl. a. d. Gesomtgeb. d. prakt. Med.*, t. V, p. 189-216; 1905.

Geiger. — Application thérapeutique du bain de soleil et du bain de chaleur lumineux. *Th. de Paris*, n° 158, 1902.

Geisler. — Action de la lumière sur les bactéries. *Arch. de méd. expér.*, p. 800, novembre 1891.

— Zur Frage über dei Wirbung des Lichtes auf Bacterien. *Bacter. Centralbl.*, 1892.

Gibson (J. D.). — The X ray in tubercular and malignant diseases. *Arch. Rœntg. Ray*, t. IX, p. 124-126. London, 1904-1905.

— A. Resume of four hundred cases of tuberculosis in which X Ray das played an important part. Denver. *M. Times*, t. XXXII, p. 216-229; 1912-1913.

Gilbert. — The treatment of diseases by light and heat. XIII[e] Congrès intern. de méd., sect. de thérap., 1900.

Gillot. — Comment les malades échappent à la tuberculose. *Lyon méd.*, n° 51, p. 865; 1903.

Gilmer. — Rœntgentherapie inder eimeren Medizin. *Litzungsb. d. Arztl. Ver. München*, t. XVI, p. 1-7; 1906-1907.

Girard. — Sur l'heureuse influence du soleil. *Th. de Paris*, 1818.

Glaser (E.). — Beiträge zur Kenntnis der sterilisation mit ultravioletten Licht. *Wien. klin. Woch.*, t. XXIV, p. 1157-1160; 1911.

de Gobartzewistch. — Influence des rayons colorés sur le développement et la croissance des mammifères. *Th. de Saint-Pétersbourg*, 1883.

Gocht. — Therapeutische Verwendung der Rœntgenstrahlen. *Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstrahlen*, t. I, p. 14-22. Hambourg, 1897.

Godneff. — Ueber die Permeabilitat der tierischen Gerwebe für die chemisch wirkenden Strahlen. Kazan, 1882.

Gobeaux (Z.). — Les indications actuelles de la radiothérapie. *Gaz. méd. de Paris*, t. LXXXIII, p. 397-400; 1912.

Gontier. — Le traitement local des adénopathies tuberculeuses par les rayons de Rœntgen. *Th. de Paris*, n° 95; 1910.

Gottheil et Franklin. — Perméabilité de diverses parties du corps aux rayons électriques. *New-York med. Record*, avril 1902.

Gottschalk. — Beiträge zur Rœntgentherapie. *Verhandl. d. deutsch. Röntg. Gesellsch.*, t. III, p. 131-139. Hambourg, 1907.

— Les cures atmosphériques, bains d'air, de lumière et de soleil. *Rev. méd. d'Aix-les-Bains*, septembre 1911.

Gouy. — Etude sur la longueur d'onde des rayons X. *C. R. A. S.*, t. CXXIII, p. 43; 1896.

Gradenwitz (A.). — X ray treatment of internal processus. *Lancet*, t. II, p. 1679. London, 1908.

Gravitz. — *Deut. med. Woch.*, p. 33; 1903.

Gray (A. L.). — The position of the X ray specialist in the field of medicine and surgery. Chartotte (N. C.). *M. S.*, t. XXXII, p. 128; 1908.

— The present staties of the Rœntgen ray as a remedial agent and reports of cases. *Virginia Hosp. Bull.*, t. I, p. 14-16. Richmond, 1904.

Gregor. — Synovite tuberculeuse traitée par les rayons X. *Brit. med. Journ.*, 28 janvier 1905.

Grinda. — *Bull. et Mém. de la Soc. des méd. de Nice*, 1903 et 1905.

— Extériorisation opératoire des lésions et héliothérapie dans les tuberculoses chirurgicales. *Presse méd.*, n° 46, p. 438, 10 juin 1914.

Grouven. — Therapeutische Verwendung der Rœntgenstrahlen. *Deut. med. Woch.*, t. XXVI, Ver. Beil., p. 197. Leipzig et Berlin, 1900.

Grudzinski et Kouwerski. — La lumière comme agent thérapeutique. *Gaz. Lek.* Warszawa, 1901.

Grund (G.). — Experimentelle Beiträge zur Genese des Epidermispigmentes. *Beitr. z. path. Anat.* Suppl. Bot. Festschrift. f. Arnold, 1905.

— Beiträge zur Einwirkung von Sonnenlicht und Rœntgenstrahlen des Kaninchens. *Verhandl. d. Kong. f. imiere Med.*, t. XX, p. 151-156. Wiesbaden, 1905.

Guebhardt. — Heilkraft des Lichtes. Leipzig, 1898.

Guilleminot. — Actions des radiations nouvelles sur les plantes. Soc. de Biol., 1908.

— Effets des filtres d'aluminium sur les rayons X. *Bull. et Mém. de la Soc. de Radiol. méd. de Paris*, janvier 1909.

— Rayons X et radiations diverses. O. Doin, 1910.

— Les corps radio-actifs et la biologie. *Biologica*, n° 27, p. 65-69, 15 mars 1913; n° 35, p. 321-333, 15 novembre 1913.

— Sur la loi d'action biologique des rayons X filtrés et non filtrés. *C. R. A. S.*, t. CLVI, p. 1943-1946. Paris, 1913.

— et Zimmern (A.). — Sur la nature des Rayons X. *Journ. de radiol. et d'électrol.*, n° 1, p. 17-28, 4 fig., janvier 1914.

Guilloz. — Traité de physique biologique (Perméabilité des tissus aux radiations).

Guimhail. — La thérapeutique par les agents physiques. Baillière, 1900.

Gunther. — Ultra-violets rays chemical and physiological effects. *Scient. Am. Suppl.*, t. LXVI, p. 253. New York, 1908.

Guye. — Réactions de foyers provoquées par l'héliothérapie. Soc. des méd. de Leysin, 25 octobre 1912 (discussion), in *Rev. méd. Suisse romande*, 20 décembre 1912.

— Les réactions de foyer dans l'héliothérapie des tuberculoses dites chirurgicales. *Paris méd.*, n° 25, p. 615-622, 23 mai 1914.

Haberling (W.). — Sonnenbader. Hirschwald, Berlin, 1912.

Hajech (C.). — Dell' importanza dell' ospizio marino nella cura della tubercolosi chirurgia. *Riv. ospedal*, p. 167-173. Rome, 1912.
— Congrès international de la tuberculose. Rome, août 1912.
Hahn (R.). — Ein Beiträg zur Rœntgentherapie. *Fortschr. a. d. gel. d. Rœntstrahlen*, t. VIII, p. 120. Hambourg, 1904.
Halkin. — La radiothérapie. *Ann. Soc. méd. chir. de Liége*, t. XLIII, p. 85-105; 1904.
Hallopeau. — Cure d'altitude et cure solaire de la tuberculose cutanée. Soc. franç. de dermat. et syphil., 5 novembre 1908.
— et Rollier. — Sur les cures solaires directes des tuberculoses dans les stations d'altitude. *Gaz. des Eaux*, 17 décembre 1908.
— — Sur les cures solaires dans les stations d'altitude. *Bull. de l'Acad. de méd.*, 1908.
Halberstadter. — Zur Rœntgen und Lichthenhandlung. *All. méd. centr. Zeit.*, t. LXXIII, p. 553. Berlin, 1904.
Hameau. — De l'action des climats maritimes dans les affections tuberculeuses. Paris, 1890.
Hamel. — Traitement de la tuberculose ganglionnaire cervicale. *Th. de Paris*, n° 287. Paris, 1910.
Hammer. — De l'influence de la lumière sur la peau humaine. IIe Congrès de la Soc. allem. de dermatol. Leipzig, 17-19 septembre 1891.
— Ueber den Einflüss des Lichtes auf die Haut. Stuttgard, 1891.
Hanriot et Richet. — Des échanges respiratoires chez l'homme. Tirage à part, p. 32. Paris.
Haret. — Indications de la radiothérapie. *Arch. d'Électr. méd.*, t. XIII. p. 735-740. Bordeaux, 1905.
— Un cas de grosse adénopathie traitée avec succès par les rayons X. *Bull. et mém. de la Soc. de radiol. et de méd. de Paris*, avril 1910.
Hasselbach. — Action des bains de lumière sur la respiration et la circulation du sang chez l'homme. *Arch. d'Électr. méd.* de Bergonié, p. 151; 1907.
— Effets de la lumière sur les matières colorantes du sang et les globules rouges. *Arch. d'Électr. méd.*, 10 mars 1910.
Hastings (S.) et Beckton (H.). — A Contribution to the Study of the effect of radiations on Silk-worms. *Arch. Middlesex. Hosp.*, t. XXVII, p. 128-153. London, 1912.
Hauterive. — De l'influence de la lumière sur les êtres organisés en général et sur l'homme en particulier, 1828.
Hayes. — Case of extensive tuberculose of the glands of the neck treated with X rays. *Arch. of. Rœntgen ray*, 1905.
Heineke. — Action des rayons X sur les tissus lymphoïdes. *Münch. med. Woch.*, 13 mai 1904. Analyse in *Presse méd.*, p. 341, 28 mai 1904.
Heliotherapia (La) en la tuberculosis. Su estado actuel. *El Siglo*, med. II de mayo de 1912, p. 306.
Héliothérapie des tuberculoses chirurgicales. *Sem. méd.*, p. 617, 27 décembre 1905.
— Dans les tuberculoses locales. *Arch. de méd. des enfants*, t. XI. n° 8, août 1908.
Hellmer. — Héliothérapie. *Centralbl. f. t. ges. therap.* Vienne, 1901.
Hendrix. — Traitement des adénites chroniques par la radiothérapie. *Clinique*, t. XIX, p. 584-587. Bruxelles, 1905.
— Radiothérapie des adénites tuberculeuses. *Semaine méd.*, 5 juillet 1905.
— Radiothérapie dans les adénites chroniques. *C. R. Soc. Roy. des Sc. méd. et nat. de Bruxelles*, p. 120-124; 1905.
Henri (Mme V.). — Variations du pouvoir abiotique des rayons ultra-violets avec leur longueur d'onde. *C. R. Soc. de Biol.*, t. LXXIII, p. 321. Paris, 1912.
Henri (V.). — Comparaison de l'action des rayons ultra-violets sur les orga-

nismes avec les réactions photochimiques simples et complexes. *C. R. Soc. de Biol.*, t. LXXIII, p. 323-325. Paris, 1912.

Henri (V.). — Étude quantitative de l'absorption des diverses radiations ultra-violettes par différents écrans. *C. R. Soc. de Biol.*, t. LXXII, p. 989-992. Paris, 1912.

— L'ultra-violet et la vie. *La Science et la Vie*, n° 5, p. 177 à 181, 6 fig., août 1913.

— et Cernovodeanu. — Action des rayons ultra-violets sur les microorganismes. *Journ. de phys. et de pathol. gén.*, t. XIII, p. 865-880, 1 ch. Paris, 1911.

— — Henri (Mme V.) et Baroni (V.). — Action des rayons ultra-violets sur les bacilles tuberculeux et sur la tuberculine. *C. R. A. S.*, t. CII, p. 724-726. Paris, 1910.

Henri (Mme V.) et Wurmser. — Étude quantitative de l'absorption des rayons ultra-violets par l'albumine d'œuf et le sérum. *C. R. Soc. de Biol.*, t. LXXIII, p. 319. Paris, 1912.

— — Différence dans l'absorption des rayons ultra-violets par les divers constituants chimiques du protoplasme. Nouvelle méthode permettant d'agir électivement sur ces divers constituants. *C. R. Soc. de Biol.*, t. LXLIII, p. 659-661; 1912.

— — Variation du pouvoir abiotique des rayons ultra-violets avec leur longueur d'onde. *C. R. A. S.*, t. CLIV, p. 315-318. Paris, 1912.

— — Excitation des organismes par l'ultra-violet. *C. R. Soc. de Biol.*, t. LXXII, p. 991-1083. Paris, 1912 et *C. R. A. S.*, t. CLIV, p. 1734-1737. Paris, 1912.

— et Larguier des Bancels. — Excitation provoquée par les rayons ultra-violets comparée avec les excitations visuelles et nerveuses d'une part et les réactions photochimiques de l'autre. Lois des phénomènes. *C. R. Soc. de Biol.*, t. XXIII, p. 328; 1912.

— et Stodel (G.). — Les rayons ultra-violets et cures applicables à la stérilisation. *Presse méd.*, t. XVIII, p. 27-29. Paris, 1910.

— et Mayer (A.). — Action des radiations du radium sur les colloïdes, l'hémoglobine, les ferments et les globules rouges. *C. R. A. S.*, t. CXXXVIII, p. 521; 1904 et *C. R. Soc. de Biol.*, t. LVI, p. 229-231; 1904.

— et Wurmser (R.). — Étude de la loi d'absorption photochimique pour les réactions produites par les rayons ultra-violets. *C. R. A. S.*, t. CLV, p. 503-505. Paris, 1912.

— — Loi d'absorption photochimique élémentaire. *C. R. A. S.*, t. CLVI, p. 230-233. Paris, 1913.

Herschel (W.). — Spectre solaire calorifique. *Transact. philos.*, 1900.

Hertel. — Ueber licht biologische Fragen. *Zeitschr. f. Augenheilk.*, t. XXVI, p. 393.

Hertz. — Relation entre la lumière et les phénomènes électriques. *Wied. Ann. de Phys.*, t. XVI. Berlin, 1887-1888.

Higginbothon (J.). — Influence des agents physiques sur le développement du têtard de la grenouille, etc. *Journ. de phys. de l'homme et des animaux*, de Brown-Séquard, t. VI, p. 234; 1863.

Hildebrandt. — *Centralblatt f. Chirurgie*, n° 16; 1894.

Hirn. — Actinomètre totalisateur absolu. *C. R. A. S.*, 11 février 1874.

Holznecht (G.). — Das Rœntgenverfahren in der inneren Medicin (traduit). *Press. méd.*, t. II, p. 620. Paris, 1904.

— System der strahlungstherapie (traduit). *Radium*, t. I, p. 177-179. Paris, 1904.

— La Rœntgenthérapie. *Arch. d'Électr. méd.*, t. XIII, p. 17 et 51. Bordeaux, 1905.

— et Freund. — Rœntgenologie und Lichtherapie. *Jahrb. f. Artz. Fortbildung.*, 1910.

Hopkins. — Light an radiances in the treatment of disease. *Philad. M. J.*, 1901.
— Treatment of lupus and Epithelioma by the combined use of the X Rays and ultra-violet light. *Tr. Ann. Rœntgen Ray. Soc.*, 1903; t. IV, p. 188-194. Pittsburgh, 1904.
Houllevigne. — La lumière invisible et les rayons ultra-violets. *La Science et la Vie*, nº 4, p. 20-31; 14 fig., juillet 1913.
Hobent. — La photothérapie ou traitement des maladies par la lumière. Bruxelles, 1901.
Huguenin. — Thérapeutique par les agents physiques. *Concours Méd.*, 1901.
— Tuberculose exclusivement ganglionnaire. *Rev. méd. de la Suisse rom.*, t. XXXII, p. 412. Genève, 1912.
Hunter. — Rœntgen irradiation ; its local and general effects. Virginia. M. Lewis-Month Richmond, 1911-1912.
Hurtado. — Accion terrapeutica de la luz. *Reo. Herv. Ann. de Chir. med.* Madrid, 1902.
Hüssy. — Die sonnen und Freiluft behandlung der chirurgische tuberkulosen in Hochgebierge. *Korresp. bl. f. Schw. Aertze*, nº 19, 1912.
— Traitement au soleil et à l'air libre, en haute montagne, de la tuberculose chirurgicale. *Rev. de Thérap.*, 1er août 1912.

Imbert (A.). — Sur la radiothérapie. *Arch. d'Élect. méd.*, t. XIII, p. 3-6. Bordeaux, 1905. — *Montpellier méd.*, t. XIX, p. 613-615 ; 1904.
Imbert et Bertin-Sans. — Quelques expériences sur les rayons de Rœntgen. Soc. de Biol., 7 février 1896.
— — Photomètre pour rayons X. *Arch. d'Electr. méd.*, février 1898.
— et Marquès. — Pigmentation des cheveux et de la barbe par les rayons X. *Arch. d'Électr. méd.*, p. 27, 10 janvier 1907. — *C. R. A. S.*, t. CXLIII, p. 192; 1906.
Inghilleri (G.). — Einfluss des Sonnenlichts auf Synthese von Alkoloidbasen durch Einwirkung alkoliolischen Ammoniaks auf die Aldehyde IV. *Zeit. f. Physiol. Chem.*, t. IXXX, p. 64-72. Strasbourg, 1912.
— Sull'azione dell luce solare nelle miscele di ammoniaco et formoldeide. *Biochim. et terap. sfer.*, t. IV, p. 21. Milano, 1912-1913.
Intosh (M.). — The therapeutic of Light. *Boston M. et S.*, t. CLXIII, p. 906; 1910.
Intyre (Mac). — The value of Light-Rontgen rays, etc. in the treatment of lupus rodent ulcer and cancer. *British med. Journ.*, p. 1344; 1902.
— The value of Light Rontgen rays, in the treatment lupus, ulcer, cancer. *British med. Journ.*, p. 933 ; 1904.
Iselin. — *Deutsche Zeitschr. f. Chir.*, Bd CIII, 1910.
— Entgiftung des tuberkulosen Herdes durch. Rœntgentestraklung. *Deutsche med. Woch.*, t. XXXIX, p. 297-349. Leipzig et Berlin, 1913.
— Die Behandlung der chirurgischen tuberkulose. *Sannul. klin. Vortr.* N. F., nº 677; — chir. nº 187, p. 709-731. Leipzig, 1913.

Jamieson. — The influence of light on the development of Bacteria. *Nature*, vol. XXVI, p. 244.
Janowski. — Influence de la lumière sur le bacille typhique. *Bacteriol. Centralbl.*, vol. VIII, p. 167.
Jansen. — Zur therapie der kehlkopf. Tuberkulose. *Deut. med. Woch.*, nº 19 ; 1909.
Janssen. — Zur therapie der Kehlkoptuberkulose mit besonderer Bernecksichtigung der Sonnenbehandlung. Ein neuer praktischer sonnenspegel. *Deut. med. Woch.*, nº 19; 1909.
Jaubert. — La cure hélio-marine des adénites cervicales. *Rev. des agents phys.*, septembre 1911.

Jaubert. — La pratique de l'héliothérapie dans les arthrites tuberculeuses. *Paris méd.*, 29 mars 1913.
— Pratique de l'héliothérapie dans les arthrites tuberculeuses. *Paris méd.*, 12 avril 1913.
— La cure solaire dans la tuberculose de quelques articulations. *Journ. de Physioth..*, t. XI, n° 126, p. 299, juin 1913.
— La pratique de la cure solaire à la mer. *Presse méd.*, 3 janvier 1914.
— et Mirielle (M.). — Applications pratiques de l'héliothérapie à l'usage de tous les médecins. *Union méd. du Nord-Est*, t. XXXVII, p. 141-147. Reims, 1913.
— et Rivier. — La cure hélio-marine. *Presse méd.*, 22 juin 1912.
— — De la nécessité de l'immobilisation dans le traitement héliothérap. des tuberculoses ostéo-articulaires. *Concours méd.*, n° 46; 17 novembre 1912.
Jaubert de Beaujeu. — Mesure des rayons X par l'électroscope. Lyon, 1910.
Jaubert (L.). — Des conditions qui favorisent la pratique de l'héliothérapie. *Lyon méd.*, t. CXX, p. 606, 612; 1913.
Jaugeas. — Radiothérapie dans les adénites aiguës. *Presse méd.*, t. XVIII, p. 777; 1910.
— La radiothérapie dans les rhumatismes chroniques. *Journ. de Physioth.*, t. X, p. 169-178. Paris, 1912.
— Le traitement des adénopathies tuberculeuses. *Paris méd.*, n° 5, 4 janvier 1913.
Jerusalem. — Ueber die Sonnenlicht behandlung der chirurgischen tuberkulose. *Gesellsch. f. innere Mediz. u. Kinderkeilk* (avec discussion). Vienne, 2 mars 1911.
— Zur Sonnenlicht behandlung der chirurgischen tuberkulose. *Wiener med. Woch.*, t. LXI, n° 32, 5 août 1911.
— Héliothérapie de la tuberculose chirurgicale (avec discussion). Soc. imperio royale de médecine de Vienne, 24 novembre 1911.
— Zur Sonnenlicht behandlung der chirurgischen tuberkulose. *Ziet. f. physi. diatet. Therapie*, Bd. XV, H. 6-8; 1911.
Jesionek (A.). — Lichbiologie und Lichpathologie. *Prakt. Ergebn. a. d. Geb. d. Haut u. Geschlechtskr.*, t. II, p. 1 et 437. Wiestapan, 1912.
Jieniski (Rudis). — Tuberculose osseuse traitée par les rayons X. *Amer. med.*, 17 décembre 1904.
Jodlbauer. — Ueber die Wirkung der photodynamischeen Stoffe auf Protozoen u. Enzym. D. *Arch. klin. med.*, t. LXXX, p. 427; 1904.
Joest (E.). — Zur Histogenese der Lymphdrisentuberkulose. *Verhandl. d. Deutsch. path. Gesellsch.* t. XV, p. 101-109. Iéna, 1912.
Joire. — De l'emploi thérapeut. de la lumière. *Belgique méd.* Gand-Haarlem, 1901.
Jones (R.). — Tuberculous disease of bones and joints. *Practitioner*, t. XC, p. 182-189. Londres, 1913.
Joria. — Nuovi Mezzi di cura i bagni di sole. *Union med. Ital.* Torino, 1900.
Jousset. — Action de la lumière solaire et de la lumière diffuse sur les bacilles de Koch contenus dans les crachats. Soc. de Biol., 27 octobre 1900.
— De l'action des rayons ultra-violets sur la tuberculine et les sérums antituberculeux. Soc. de Biol., 26 novembre 1910.
Jousset de Bellesme. — Sur les fonctions du pigment. *C. R. A. S.*, t. CLIV, p. 1365-1367. Paris, 1912.
Judd (A.). — Report of some cases reated in the X ray. clinic during the past. two years. *Post-Graduate*, t. XX, p. 1054-1068. New-York, 1905.
Jummelin. — A propos de la radiothérapie. *Bull. et mém. de la Soc. de chir. de Paris*, nouvelle série, t. XXX, p. 883-885; 1904.
Jungmann (A.). — Prognose und therapie der Hauttuberkulose. *Strahlentherapie*, t. I, p. 17-50. Berlin et Vienne, 1912.

Kahane. — Ueber einige neue indikationen der Rœntgentherapie. *Berl. klin. Therap. Woch.*, t. XIII, p. 251 ; 1906.

Kanngiesser. — Ueber Folgen von Sonnenbestrahlung. *Allg. med. Centr. Zeit.*, p. 617, 11 novembre 1911.

Karg. — Studien über transplantirte Haut. *Arch. f. Anat. v. phys. Anat. Abth.*, 1888.

Kassabian (M. R.). — Rœntgen rays and electro-therapeutics with chapters on radium and phototherapy. In-8°. Philadelphia et London, 1907.

Kattenbracker. — Die Einwirkung des Lichtes auf gesunde und kranke Lehewesen. *Hygiea.* Stuttgard, 1906.

— Licht bader und Kurorte. *Arch. f. Lichtther.* Berlin, 1900.

Kellog. — Die Therapeutischen Effects des Lichtes. *Wien. Med. Press*, t. XLI ; 1900.

Kellogg (F. H.). — The therapeutic value of light. *Mod. Med. Battle Creek Mich.*, 1905.

Kienböch (R.). — Ueber die Einwirkung des Rœntgenlichtes auf die Haut. *Wien. klin. Woch.*, n° 50 ; 1900.

— Sur l'anatomie radiographique et clinique de la tuberculose des os des doigts, etc. Diag. diff. *Zeit. f. Heilkunde*, 1902.

— Radiotherapeutische fragen. *C. R. Congr. internat. d'électrol. et de radiol. méd. de* 1902, t. II, p. 365-376. Berne, 1903.

— Rapport sur l'état actuel de la radiothérapie. Congrès de Grenoble 1904, in *Arch. d'Elect. méd.*, p. 483-491 ; 1904.

— Radiotherapie ihre biologischen Grundlagen, Anwendungsmethoden und Indikationen. Miteinen Auhang : Radiumtherapy. In-8°. Stuttgart, 1907.

— La radiothérapie des lymphoses tuberculeux. Congrès internat. de Physioth., Paris, 1910.

— Ueber die Nomenklatur in der radiotherapeutischen Technik. *Fortsch. a. d. Geb. d. Rœntgenstrahlen*, t. XIX, p. 294-296. Hambourg, 1912.

Kime. — Light as a remedial agent. *Med. Rev.* New-York, 1900.

Kirmisson. — Ostéoartrite tuberculeuse du poignet, guérie après traitement par les rayons X. Soc. de Chir., 2 février 1898.

Klebs. — Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Fortpflanzung des Gewachse. *Biol. Centralbl.*, 1893.

— Heliotherapy of tuberculosis in Switzland. *The Brit. Journ. of Tuberculosis*, p. 227 ; 1912.

Klein. — Contribution à l'étude de la climatothérapie en France. *Th. de Paris*, 1891.

Knopff. — Traitement des tuberculoses chirurgicales après les opérations. *Rev. de la Tuberc.*, 1904.

Koch. — Action de la lumière sur le bacille tuberculeux. Congrès internat. de Berlin, 1890.

— Ueber Sonnenlicht und Stanungs behandlung bei Kehlkopftuberkulose. *Zeit. f. Balneologie*, n° 5 ; 1909.

Koenig. — *Mediz. Klin.*, t. IX, n° 24, p. 939, 15 juin 1913.

Koppert. — Die behandlung der Kehlkopftuberkulose mit Sonnenlicht. *Versamm. der Tuberkul.* Berlin, 1906.

Koranyi. — Action de la lumière sur les animaux. *Centralbl. f. phys.*, t. VI.

Kotliar (E.). — De l'influence de la lumière sur les bactéries. *Vratch.*, 24 septembre et 1er octobre 1893.

Kraus. — Zur Technik der Sonnenlicht behandlung der Kehlkopftuberkulose. *Münch. med. Woch.*, p. 658 ; 1909.

Krause (P.). — Die experimentell gefundenen biologischen Grundlagen der Rœntgentherapie innerer Erkrankungen. *Kor. Bl. d. allg. arztl. Verv. v. Thuringen*, t. XXXVII, p. 1-5. Iéna, 1908.

— Kritische Beiträge zur Kenntnis der Rœntgentiefentherapie. *Fortschr. a. d. Geb. d. Rœntgenstrahlen*, t. XX, p. 187-197. Hambourg, 1913.

Krause (P.). — Action de la lumière sur le bacille d'Eberth. *Zeit. f. Hyg.*, t. XIX, p. 313.

— et Ziegler. — Recherches expérimentales sur l'action des rayons X sur les tissus vivants des animaux. *Zeit. f. med. Elektrol. u. Rœntgenkund*, n° 152; 1907.

Krauss (Hugo). — Zur Technik der Sonnenlichtbehandlung der Kehlkopftuberkulose. *Münch. Med. Woch.*, p. 658; 1909.

Kreilich (C.). — Zur Wirkung des ultravioletten lichtes auf intrazelluläre fermente. *Arch. f. Dermat. u. Syph.*, t. CXIII orig., p. 529-534. Vienne et Leipzig, 1912.

Kühner. — Neue Beiträge zur Wurdigung der physikalische diatetich terapeutischen. *Gesundheit.* Leipzig, 1898.

Küss. — Recherches expérimentales sur le mode d'action des cures d'altitude. Soc. méd. des Hôp., 24 mai 1909.

Kunwald. — Ueber die Behandlung der Kehlkopftuberkulose mit Sonnenlicht. *Münch. med. Woch.*, 10 janvier 1905.

Laberne (Georges). — Contribution à l'étude du traitement des adénites tuberculeuses. [Méthode de Bier, modifiée]. *Th. de Paris*, n° 29, 1908.

Lachaise. — Considération sur la lumière. *Th. de Paris*, 1820.

Lagrange. — La cure d'altitude. L'air marin et l'air balsamique. La cure de lumière. Le bain d'air et le bain de soleil. *Rev. des mal. de la nutr.* Paris, 1893.

Lalesque (F.). — De quelques objections ou critiques formulées contre les hôpitaux marins à propos de leur importance dans la cure de la tuberculose chirurgicale. *Journ. de méd. de Bordeaux*, t. XLII, p. 101-103.

Lamaison. — Héliothérapie dans la tuberculose. *Th. de Bordeaux*, n° 85; 1913.

Lancaster. — Action hygiénique du soleil. Congrès d'hydrol. et de climat. de Londres, 1898.

— Un cas d'ostéo-périostite améliorée par les rayons X. *Rev. portoguera de méd. et cirurg. prat.*, n° 25, novembre 1896.

Lancial d'Arras. — Péri-arthrite fongueuse chronique et fistuleuse tibio-tarsienne chez un enfant de sept ans. Guérison complète. *Journ. des Sc. méd. de Lille*, t. II, p. 481; 1912.

Landesberg. — Troubles nerveux par privation de lumière. *Centralbl. f. Augenheilkunde*, 1885.

Landouzy, Gougerot et Lalier. — Démonstration et pathogénie des arthropathies bacillaires séreuses et congestives. *Presse méd.*, t. XX, p. 385-387. Paris, 1912.

Langley. — Observation on invisible heat spectro and the recognitien of hilherto immeasured wavelenghts. *Phil. mag.*, 5e sér., t. XXI, p. 394; 1885. — *Journ. de Phys.*, 2e sér., t. V, p. 377.

Laparra. — La cure d'air, de soleil et de lumière à Biarritz. *Rev. méd. de Biarritz*, novembre 1912.

La Peyre et Le Comte. — Ulcères guéris par la lumière. Comm. à la Soc. royale de méd., vers 1774.

Laqueur. — *Berlin. klin. Woch.*, 17 avril 1905.

Lassar (O.). — Zur Radiotherapie. *Verhandl. d. Berl. med. gesellsch.*, t. XXXV, part. 2, p. 186-197; 1905 et discussion, part. 1, p. 130-142.

— Stand der Radiotherapie. *Verhandl. d. Berl. med. gesellsch.*, t. XXXVIII, p. 7-12; 1907-1908, in *Berl. klin. Woch.*, t. XLIV, p. 85-87; 1907.

Lassueur. — Aperçu critique sur la radiothérapie et la photothérapie. *Rev. méd. de la Suisse rom.* Genève, t. XXIV, p. 159; 1904.

Latour (Louis). — Contribution à l'étude de l'évolution et du traitement des fistules tuberculeuses. *Th. de Paris*, n° 272, p. 69; 1912.

Laumonnier. — Facteurs de la cure marine. *Bull. gén. de Thérap.*, 23 août 1901.

Lavigne (J.-Paul). — Contribution à l'étude des ganglions tuberculeux du cou et leur traitement. *Th. de Nancy*, 1911.

Lawrence. — X ray baths. VIe Congrès internat. de Dermat., de 1907. *Tr.* p. 1487-1490, 1 pl. New-York, 1908.

Lawson (D.) et Hill (Crombie). — Some use of Rœntgen rays in sanatoriums Work. *Rev. internat. de Ch.*, t. VII, p. 247-255. Paris, 1905.

Lazarus-Barlow (W. S.). — Radio-activity and animal tissus. *S. Rœnt. Soc.*, t. VI, p. 33-34. London, 1910.

Lea (M.-C.). — Rœntgen rays not present in Sunlight. *Ann. J. Sc.*, 4e sér., t. I, p. 363. Newhaven, 1896.

Leon. — La photothérapie. Paris, 1901.

Lecercle (L.). — Action des rayons X sur la chaleur rayonnée par la peau. *C. R. A. S.*, t. CXV, p. 533. Paris, 1897.

Ledoux-Lebard. — Action de la lumière sur le bacille diphtérique. *Arch. de Méd. expér. et d'Anat. pathol.*, novembre 1894.

Leduc. — Photothérapie profonde par sensibilisation des tissus. *Arch. d'Électr. méd.*, p. 203; 1904.

Lefèvre (Jules). — Chaleur animale et biogénétique. Masson, 1911.

Le Guelvouit. — La lumière et la chaleur, agents pathogènes et thérapeutiques. *Th. de Toulouse*, 1914.

Leigh. — Bons effets des rayons X sur tuberculose osseuse. *Americ. X Ray. Journ.*, t. IV, p. 559; 1899.

L.-J. — Les bains de soleil et de sable de l'antiquité. *Méd. moderne*, 10 février 1899.

Lejeune (L.). — Radiothérapie. *Ann. Soc. méd. chir.*, t. XLVII, p. 175-211. Liége, 1907.

Lenkei. — Die therapeutische Anwendung der Sonnenbäder. *Zeitsch. f. physik. u. diat. thér.*, t. XI, 1, p. 32.

— Die Wirkung der Sonnenbäder auf die Temperatur des Körpers. *Zeitsch. f. physik. u. diat. thér.*, t. XI, 2, p. 654.

— Die Wirkung der Lufthæder auf die Zahl der Blutoæuperchen auf den Æmoglobingeh alt und auf die Viskositæt des Blutes. *Zeitsch. f. physik. u. diat. ther.*, octobre 1909.

Lenormand. — Tuberculoses chirurgicales et héliothérap. *Presse méd.*, p. 1017-1019; 9 décembre 1911.

Leonard (M.). — Resultats in Rœntgentherapy. *Med. Rev.*, t. LXX, p. 776. New-York, 1906.

Lépine. — Action des rayons X sur les tissus animaux. *C. R. A. S.*, t. CXXXVIII, p. 65-67. Paris, 1900. — *Journ. de physiol.*, t. II, p. 46-47. Paris, 1904.

Lépine (R.) et Boulud. — Action des rayons X sur la nutrition. *Lyon méd.*, t. CI, p. 897-950; Discussion, p. 961; 1903.

Leredde et Pautrier. — Influence des radiations de différentes longueurs d'onde sur le développement des batraciens. *C. R. Soc. de Biol.*, nº 41; 1901.

— — Le traitement des tuberculoses cutanées depuis la méthode de Finsen. Soc. de Dermat., 1902.

— — Le traitement des tuberculoses cutanées, d'après Finsen. Les indications et les contre-indications de la photothérapie. Congrès de Toulouse, août 1902.

— — Photothérapie et photobiologie. C. Naud, Paris, 1903.

Leriche. — A propos de l'héliothérapie. *Presse méd.*, 15 février 1913.

Leriche R... — Poncet et l'héliothérapie. *Journ. méd. franç.*, p. 464; 15 novembre 1913.

— Chirurgische gedanken über die Heliotherapie, besonders bei tuberkulösen

Erkrasskungen im Kindesalter. *Deuts. Zeit. f. chir.*, t. CXXII, p. 150-154. Leipzig, 1913.

Lesieur et Legrand. — Action de la lumière solaire et des lumières colorées sur la production du pigment vert fluorescent dans les cultures du B. pyocyanique. Soc. méd. des hôp. de Lyon, 6 juin 1905.

— — Action de la lumière sur les bactéries. *Province méd.*, 2 février 1907.

Leuba. — L'Héliothérapie et la tuberculose du pied. *Th. de Lausanne*, 1913.

Levaditi (C.) et Mutermilch (S.). — Mode d'action des rayons sur la vie et la multiplication des cellules *in vitro* (1re note). Rayons ultra-violets. *C. R. Soc. de Biol.*, t. LXXIV, p. 1180-1182. Paris, 1913.

Lewis Gregory Cole (Cornell). — Rapport préliminaire sur l'utilisation de l'ampoule Coolidge pour le radiodiagnostic et la radiothérapie. *The Americ. Journ. of Rœntgenology*, vol. nº 3, p. 125 à 132, 10 fig., janvier 1914.

Levy-Dorn. — Der praktische Arzt. med. die Rœntgenbehandlung. *Therap. d. Gegenw.*, t. XLIX, p. 315-317. Berlin, 1908.

Liebreich. — Uber Lichttherapie. *Deut. Med. Zeit.* Berlin, 1901.

Liberge. — Traitement des spina-ventosa par les rayons de Rœntgen, p. 176. Paris, 1913.

Lichtenauer. — Ueber Rœntgentielentherapie. *Berl. klin. Woch.*, t. I, p. 1036; 1913.

Lindemann. — Zur Heissluft und Lichttherapie. *Balneol. Centr. Zeit.* Berlin, 1901.

— Ueber Lichttherapie. *Deut. med. Zeit.* Berlin, 1901.

Linnell (E. H.). — A New technique for X ray-therapy. *New. Ann. Soc.*, t. XVI, p. 24-33. New-York, 1913.

Linser (P.). — Beitrag zur Histologie der Rœntgen wirkung auf die normale meuschliche Haut. *Fortschr. a. d. Geb. d. Rœntgenstrahlen*, t. VIII, p. 97-100. Hambourg, 1904.

Lodon (E.-S.). — Rœntgenization with medicinal objects, trad. : *Arch. d'Électr. méd.*, t. XI, p. 226-245. Bordeaux, 1903.

— Action physiologique de la radiothérapie très faible et application thérapeutique du radium. *Arch. d'Électr. méd.*, p. 94; 1906.

Loeb. — Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Organbildung bei Thieren. *Arch. f. Physiol.*, Bd LXIII, 1896.

— (J.) et Ewald (W. F.). — Héliotropisme animal. *Centralbl. f. Physiol.*, Bd. XXVII, p. 1115; 1914.

Loebel. — Les causes du coup de soleil. *Journ. der prakt. Heilkunde von Hufeland in Harles*, Bd XL, 1815.

Loewenthal. — Das Licht als Halfactor. *Arch. f. Lichtth.* Berlin, 1901.

Lortet et Genoud. — La lumière agent thérapeutique, 1900.

La lumière comme agent thérapeutique. *Progrès méd.*, 10 mars 1894.

Luzenberger (D.). — Sul trattmento delle lunfadeniti et dei limjomi per mezzo dell electricita e dei raggi di Rœntgen. *Ann. di Élett. med.*, t. VII, p. 463-473. Napoli, 1908-1909.

Lyon (T.-G.). — Rœntgen's Rays as a curr of diseases. *Lancet*, t. I, p. 326 et 513. London, 1896.

— L'héliothérapie. *La Clinique*, t. VIII, p. 410-412. Paris, 1913.

Maag. — Ueber den Einfluss des Lichtes auf den Menschen. *Correspond. f. Schweizer Aerzte*, nos 18-19; 1903.

Macchiati. — La photosynthèse chlorophylienne en dehors de l'organisme. *Rev. génér. de Bot.*, 1903.

Macfadyen. — The effects of physical agent on bacterial life. *Proc. Roy. Inst. Great Britain.*

Mackée (G. M.). — General considerations of radiotherapy. *New York State J. M.*, t. VIII, p. 11-16. New-York, 1908.

Mackenzie, Forbes et Copeland. — Heliotherapy. *The New-York Med. Journ.*, n° 20, 16 novembre 1912.

Madden (E. M.). — Some remarks of the pathogenesy and therapeutics of the X Rays illustrating their obedience to the law of similars. *Brit. Homœop. Rev.*, t. I, p. 620-640. London, 1907.

Maget. — Influence du climat marin, de l'altitude et de la campagne sur l'évolution de la tuberculose osseuse. *Rev. des mal. de la nutrit.*, 2e série, t. VIII, p. 258-266. Paris, 1910.

Magnus-Möller. — Der Einfluss des Lichtes auf die Haut in gesunden und Krank haf ten Zustande. Stuttgard, 1900.

Malgat. — Cure solaire de la tuberculose pulmonaire à Nice, 1903.

— Congrès de la tuberculose. Paris, 1905.

— Les énergies solaires de la tuberculose pulmonaire. *Tuberculosis*, 1909.

— Bains de soleil. *Tuberculosis*, n° 2, février 1910.

— La cure solaire à Nice, les cures d'air, d'eau et de régime chez les enfants. Paris, 1910.

— La cure solaire de la tuberculose. Baillière ; Paris, 1911.

— Surpigmentation cutanée due à la cure solaire. *Rev. int. de la Tuberc.*, t. XXXI, p. 99-109, Paris, 1912.

— La cure solaire de la tuberculose pulmonaire chronique. In-8° de 390 pages av. fig. J.-B. Baillière et fils.

Mangin. — Action des radiations sur les végétaux. *Journ. de Phys. biol.* de d'Arsonval, t. II, p. 312-345.

Manoukhine. — Sur l'influence de l'irradiation de la rate sur la tuberculose chez des singes et des cobayes. *C. R. Soc. de Biol.*, t. LXXIV, p. 1263-1265. Paris, 1913.

Manquat. — L'adaptation et climatothérapie. Congrès de Nice, 1904.

Marchand (E.). — Etude sur la force chimique contenue dans la lumière du soleil, la mesure de sa puissance et la détermination des climats qu'elle caractérise. Gauthier-Villars, Paris, 1876.

Maragliano. — Azione dei raggi X sulla climinazione dell' urea. *Atti d. Cong. naz. di idrol. et climat.*, t. VIII, p. 155. Milano, 1902.

— Note cliniche sulla Roentgenterapia. *Gior. di elett. med.*, t. IX, p. 123-125. Napoli, 1908.

Marcuse. — Das Sommenbad. *Zeit. f. Phys. u. diatet. Therapie*, n° 4 ; 1899.

Margaret (A. Cleaves). — Light. Energie.

Maritoux. — De l'emploi thérapeutique de la lumière au point de vue chirurgical. *Rev. d'Androl. et de Gynécol.*, 1902.

Marquès. — Les rayons ultra-violets : propriétés physiques et biologiques. Applications médicales.

Marquès (H.). — Réaction précoce profonde après irradiations Roentgen. *Arch. d'Elect. méd.*, t. XXI, p. 204-206. Bordeaux, 1912.

Marschall (Ward). — L'action de la lumière sur les bactéries. *Proceedings*, 1893.

Martin du Pan. — Malade successivement atteint du mal de Pott lombaire avec abcès illiaque et de coxalgie double, traité par l'insolation et l'immobilisation. Soc. suisse de Pédiatrie, 30 juin 1912.

Mascart. — L'action du soleil. *La Nature*, 2 février 1912.

— Recherches sur le spectre ultra-violet. *C. R. A. S.*, t. LVII, p. 789, et t. LVIII, p. 111.

— Sur les spectres ultra-violets. *C. R. A. S.*, t. LXIX, p. 337.

Masella. — Influenza della luce solare sulle infezioni sperimetalida-bacillo del colera asiatico e del tijo abdominale. *Ann. d'Ig. sperim.*, t. V, p. 1.
— Action de la lumière sur les animaux rendus artificiellement malades. *Ann. d'Ig. sperim.* Rome, 1895.
Massa (F.). — Modifica alla tecnica della Rœntgenterapia ed evoluzione di alcune lesioni saltopaste a questo metodo di cura. *Ann. di Elet. med.*, t. VII, p. 45-57. Napoli, 1908.
Mathews (J. H.) et Dervey. — A quantitativi study of some photochemical effects produced by ultra-violet light. *Journ. phys. chem.*, t. XVII, p. 211-218. Ithaca, 1913.
Mayer. — Précipitation des colloïdes par les radiations. *C. R. Soc. de Biol.*, t. LVII, p. 33; 1904.
Mayet. — Traitement héliothérapique des tuberculoses chirurgicales, t. XXI, p. 28. Paris, 1913.
— Encore l'héliothérapie. *Journ. des Prat.*, nº 27, 4 juillet 1914.
Ménard. — La radiologie; physiciens et médecins. *Tribune méd.*, nouv. sér., t. XXXIX, p. 807-809. Paris, 1907.
— *C. R. du Congrès internat. de Physioth.*, 28 décembre. Berlin, 1913.
— Introduction à l'étude des ostéo-arthrites tuberculeuses. *Gaz. des Hôp.*, t. LXXXVI, p. 165-181. Paris, 1913.
Mencière (L.). — De l'abus des traitements de climats dits spécifiques pour la cure des tuberculoses locales; traitement des tuberculoses osseuses et articulaires. *Arch. prov. de Chir.*, t. XXII, p. 1-13. Paris, 1913.
Meyer (G. F.). — Ueber den Einfluss des Lichtes in Hohenklima auf die Zusammensetzung des Blutes. *Th. de Bâle*, 1900.
Meyer (W. H.). — The therapeutic dosage of X rays and application with special reference to subcutaneous dose calculation. *Am. Med.*, nouv. sér., t. VIII, p. 485-493. V. T. et N.-Y., 1912.
— et Ritter (E. A.). — Experimetelle untersuchungen zur biologischen Strahlenwirkung. *Strahlentherapie*, t. I. p. 172-182. Berl. u. Wien, 1912.
Migneco (F.). — Action de la lumière sur le bacille tuberculeux. *Ann. d'Ig. sperim.*, p. 216. Roma, 1895. Extr. dans les *Ann. de Microgr.*, t. VII, 1895.
— Wirkung des Sonnenlictes auf die Virulenz der Tuberkul bacillen. *Arch. f. Hyg.*, t. XXV, p. 4.
Millioz. — De l'héliothérapie locale comme traitement des tuberculoses articulaires. *Th. de Lyon*, 1899.
Millon. — Traitement de l'état général par les bains de lumière. *Th. de Lyon*, 1899.
Minchin. — Actinomètre pour photométrie stellaire. *Nature*, t. XLVIII, p. 70.
Miramond de Laroquette. — Question de mesure et de graduation concernant les bains de lumière. *Arch. d'Electr. méd.*, t. XVIII, p. 913-920. Bordeaux, 1910.
— Principes physiques et physiologiques du surchauffage lumineux. *Presse méd.*, t. XIX, p. 1038-1040. Paris, 1911.
— Action des bains de lumière. *Rapport au Congrès de l'Ass. fr. pour l'avanc. des Sciences*, août 1912.
— Action des bains de lumière naturelle et artificielle. *Arch. d'Electr. méd.*, t. XXI, p. 82-97. Bordeaux, 1912.
— Bains de lumière de couleur (*Progrès méd.*, 4 septembre 1912). *Comm. à l'Ass. franç. pour l'avanc. des Sciences.* Nîmes, 1912.
— La diathermie ration d'appoint. Ac. des Sc., 2 décembre 1912 et Soc. fr. d'électroth., 19 décembre 1912.
— Sur l'érythème solaire et la pigmentation. *Monde méd.*, 15 décembre 1912.
— Sur la nutrition par la chaleur. *Paris méd.*, nº 34, p. 191-193; 26 juillet 1913.
— Variations de la ration alimentaire et du poids du corps sous l'action du

rayonnement solaire dans les diverses saisons. Nutrition par la chaleur. *C. R. A. S.*, 23 février 1914.

Miramond de Laroquette. — A propos de l'héliothérapie artificielle. *Rev. intern. Méd. et Chir.*, t. XXIV, p. 332. Paris, 1913.

Moitessier. — La lumière. Hachette, 1880.

Möller. — Der Einfluss des Lichtes auf die Haut. im gesunden u. krankhaft zustande. Bibliotheco medic. Stuttgart, 1900.

Moleschott. — Ueber den Einfluss auf die Menge der vom Tierkorper ausgeschiedenen Kohlensaüre. *Wien. med. Woch.*, t. XLIII, p. 681; 1855.

— Recherches sur l'action de la lumière. *Wien. med. Woch.*, nº 43; 1885.

— et Fubini. — Uber den Einfluss des gemischten u. farbigen Lichtes auf die Ausscheidung der Kohlensaüre bei Tieren. *Untersuch. z. Vahrung v. Moleschott*, t. XII, p. 26; 1881.

Molliard. — Structure des végétaux développés à la lumière sans CO^2 en présence de matières organiques. *C. R. A. S.*, t. CXLII, p. 49; 1906.

Monteuuis. — Bains d'air, de lumière et de soleil, leur valeur pratique dans le traitement des maladies chroniques et dans l'hygiène journalière. Paris, Baillière, 1904; Congrès de Nice, 1907; *Journ. de Physioth.*, t. X, p. 599-607. Paris, 1912.

— Rapport sur le traitement solaire. Congr. de Cannes, 1907.

— Les bains d'air, de lumière et de soleil dans le traitement des maladies aiguës. *Rev. gén. de Clin. et Thér.* Paris, 1911.

— L'usage chez soi des bains d'air, de lumière et de soleil. Maloine, Paris, 1911.

— La cure solaire dans la pratique journalière. *Clinique*, t. VII, p. 776-778. Paris, 1912.

Morin. — La riadiation solaire dans la cure des maladies tuberculeuses. Congrès intern. de la tuberc. de Rome, avril 1912. — *Tuberculosis*, p. 231-233; 31 juillet 1912.

Morris (R. S.). — Action of the Rœntgen rays upon the blood; and experimental Study. *Am. Med.*, t. X, p. 946-950. Philadelphie, 1905.

Morton. — Treatment by Rœntgen and radium rays. *Ann. d'électrobiol.*, t. I, p. 42. Paris, 1904.

Mourelo (Jose-Rodriguez). — La photochimie. *Rev. Scient.*, p. 195; 17 août 1912.

Mouton (H.). — Les divers rayons et leurs propriétés physiologiques et thérapeutiques. *Bull. Inst. Pasteur*, 29 février 1904.

Muller (E.). — Ueber die Entwichlung und den derzeitigen stand der Aktinotherapie. 2 *Rœntgent. h. Deut. med. Press*, t. IX, p. 20-30. Berlin, 1905.

— Die Rœntgenstrahlen im Dieuste der Therapie. *Münch. med. Woch.*, t. LVI, p. 226-230; 1909.

Mutscheler. — Action purificatrice de la lumière sur l'eau des rivières. *Berl. klin. Woch.*, p. 423; 1892.

Nagelschmidt. — Zur Theorie der Lupusherlung durch Licht. *Arch. Derm. u. Syph.*, t. LXIII, p. 345; 1902.

— Hentiger stand der Radiotherapie und deren indikation. *Verhandl. d. Ges. Deutch. Naturf. u. Aerzte*, 1907, 2 teil. 2 H. p. 404. Leipzig, 1908.

Negroni (G.). — Considerazions sulla terapia della tubercolosi osteo-articolare. *Osp. magg. Riv. Scient. Prat.*, t. VII, p. 250-264. Milano, 1912.

Neu (H.). — Wirkung der Rœntgenstrahlen bei chirurgischer tuberkulose. *Deut. Zeit. f. chir.*, t. CXXI, p. 256-279. Leipzig, 1913.

Neuberg. — Wirkungen des Sonnenlichtes auf wichtige chemische Bestandteile des menschlichen und tierischen Organismus. *Zeit. f. Balneol.Klimat.* Berlin, 1er janvier 1911.

Neuberg. — Einiges über die Behandlung der Lichtes fur die Organismen. *Zeit. f. Balneo-klimat., etc.*, p. 649-689, 716; 1910-1913.

Newcomet (W. S.). — Pathologie changes in tissus under the influence of the X ray. *Tr. Ann. Rœntgen ray. Soc.*, t. IV, p. 41-55, 2 pl. Pittsburgh, 1903-1904. — Also : *Med. News*, t. LXXXIV, p. 685-688. New-York, 1904.

— *Tuberculosis et X rays Therapeutic Gazette*, mai 1914.

— General observation of different writers as to the effects of the X rays upon Hair and other tissus elements. *Ann. g. Rœntgenol.*, t. I, n° 4, p. 53-58. Pittsburg, 1906-1907.

Nichols (Ed.-S.). — La lumière du jour. *Rev. Scient.*, p. 615-623, 11 figures, 15 novembre 1913.

de Nobele (S.). — La radiothérapie. *Ann. Soc. méd.-chirurg. d'Anvers*, t. X, p. 27-38; 1905.

Nogier. — Variation de l'intensité actinique de la lumière. Assoc. franç. av. des Sc., Grenoble, 1904.

— Résultats éloignés de la radiothérapie. *Arch. d'Électr. méd.*, t. XIV, p. 847-850. Bordeaux, 1906.

— Les indications de la radiothérapie. *Lyon méd.*, t. CIX, p. 389-401; 1907.

— Nouveaux résultats éloignés de la radiothérapie. *Arch. d'Électr. méd.*, t. XVI, p. 937-940. Bordeaux, 1908.

— Actions biologiques de la lampe en quartz de Kromayer. Ass. française pour l'avancement des Sciences. Clermont-Ferrand, 1908.

— Érythème solaire. *Traité de Pathol. gén.* de Bouchard et Royer.

— La lumière et la vie. J.-B. Baillière.

— La lumière et la vie. Étude des différentes modalités de la lumière au point de vue physique, physiologique et thérapeutique. *Th. de Lyon*, n° 177; 1903-1904.

— Les bases scientifiques de la thérapeutique par la lumière. *Avenir méd.*, n° 4, mai, juin, juillet, août 1913.

— et Regaud. — Action comparée sur les cellules séminales du faisceau total des rayons de Rœntgen et des rayons durs seuls. *C. R. A. S.*, 12 juillet 1909.

— — Les effets biologiques des hautes doses de rayons X, durs, sélectionnés, par filtration, « applications thérapeutiques ». *Paris méd.*, t. IX, p. 117-124; 1912-1913.

— — Action comparée sur les tissus vivants des rayons X bruts et des rayons X filtrés. *Prix Pourat*, Acad. des Sc., 15 décembre 1913.

Nogueira (Lobo). — Contribution à l'étude de la radiothérapie. *C. R. Soc. de Biol.*, 2e sér., t. IV, p. 1053. Paris, 1902.

— Le culte d'Esculape en Grèce. *Chronique méd.*, t. XIII, 1905.

Nové-Josserand et Rendu. — Nouveaux appareils plâtrés bivalvés, amovo-inamovibles pour permettre l'héliothérapie des ostéo-arthrites tuberculeuses en période d'immobilisation. *Lyon Chir.*, 1er juin 1912.

d'Œlsnitz. — Notes sur les éléments d'appréciation des indications de l'intensité et de la durée utile de la cure solaire dans les affections tuberculeuses de l'enfance. *Bull. Soc. de Pédiatrie*, t. XI, p. 365-363, mai 1913.

— Valeur de la radiothérapie dans le traitement des adénopathies des enfants. *Arch. méd.-chir. Province*, septembre 1913.

L'Héliothérapie. Son mode d'action. Ses indications. Ses résultats. *Journ. Méd. franç.*, p. 451, 15 novembre 1913.

— Réactions thermiques, respiratoires, circulatoires et hématiques, provoquées par l'héliothérapie. *Journ. Méd. franç.*, p. 466, 15 novembre 1913.

D'ŒLSNITZ. — Posologie de la cure solaire dans les affections tuberculeuses de l'enfance. Assoc. franç. de Pédiatrie. Paris, 1913.

— La pratique de l'héliothérapie dans le traitement des affections tuberculeuses; indications, technique, résultats. *Paris méd.*, n° 29, p. 61-75, 26 fig., 20 juin 1914.

— Posologie de l'héliothérapie marine. *Rapport au Congrès de l'Ass. intern. de Thalass. de Cannes*, 53 p., 4 fig.; 1914.

— et J. CASTAIGNE. — L'héliothérapie dans les affections tuberculeuses de l'enfance. Indications et posologie. *Journ. Méd. franç.*, p. 466; 15 nov. 1913.

OGUS (Mlle). — Les rayons X et la tuberculose expérimentale. *Th. de Montpellier*, 1908.

OKERBLOM (M.). — Ueber die Winkungsart des ultra-violetten Lichtes auf Bakterien. *Zeitch. f. Hyg. u. infektions krankh.*, t. LXXIV, p. 242-217. Leipzig, 1913.

ONIMUS. — Action de la lumière sur les microbes. *Th. de Paris*, avril 1889.

— L'hiver dans les Alpes-Maritimes, 1891.

— Pénétration de la lumière dans les tissus vivants. *C. R. Soc. de Biol.*, 10e sér., t. II, 1895.

ORAM (W. C.). — The X rays as therapeutic agents. *Med. Chir. Journ.*, t. XXXIII. p. 472-486; 1913.

ORTICONI. — De l'héliothérapie, application médico-chirurgicale. *Th. de Lyon*. 1901-1902.

OTTERBEIN. — Die Heilkraft des Sonnenlichtes. Trèves, 1896.

OUDIN. — Considérations sur la radiothérapie. *Ann. de Dermat. et Syph.*, 4e sér., t. III, p. 54-60. Paris, 1902.

— Essai de radiothérapie. *Bull. de la Soc. franç. d'Électr.*, t. IX-X, p. 14-20. Paris, 1903.

— Technique et contre-indication de la radiothérapie. *Bull. Soc. franç. de Dermat. et Syph.*, t. XV, p. 106-114. Paris, 1904. — Voir aussi : *Ann. de Dermat. et Syph.*, 4e sér., t. V, p. 261-266. Paris, 1904.

— et BARTHÉLEMY. — Application de la méthode de Rœntgen aux sciences médicales. *Congr. franç. de Méd.*, t. III, fasc. 2, p. 271-289, 2 pl. Paris et Nancy, 1896-1897.

— et ZIMMERN (A.). — Considération sur les radiations en physiologie et en médecine. *Rev. Scient.*, t. I, p. 193-205. Paris, 1912.

— Radiothérapie, Rœntgenthérapie, radiumthérapie, photothérapie. J.-B. Baillière, 1913.

PALERMO. — Action de la lumière sur le bacille du choléra. *Ann. d'Ig. sprim.*, vol. III, fasc. 4. Roma.

PANCOAST (H. K.). — The therapeutic effects of the X rays. As shown from the results of treatment of nearly one hundred cases. *Tr. Ann. Rœntgen Ray Soc.*, t. IV, p. 153-187. Pittsburgh, 1903-1904.

— Valeur des rayons X dans le traitement de la tuberculose. *The Archiv. of physiol. therapy*, mai 1905.

PANSINI. — Action de la lumière sur les microorganismes. *Revista d'Igiene*, 1889.

PASCAL (A.). — Cure Hélio-marine des tuberculoses chirurgicales. *Rapport au Congrès de l'Ass. intern. de Thalass. de Cannes*, 84 pages, 1914.

PATRICELLI (V.). — L'azione biologica dei raggi X sul sangue e su gli organi emoprietici. *Riforma med.*, t. XXXIII, p. 1149-1153. Palermo-Napoli, 1907.

PAUCHET (V.). — La cure solaire, t. VII, p. 455-57. *Clinique*. Paris, 1912.

PELLIZARI. — De la photothérapie. *Congr. de Physioth. de Rome*, 1907.

PERCY. — Pyrotechnie chirurgicale pratique, 1792.

Perdu. — Guérison d'une tumeur blanche suppurée du genou à marche rapide par les bains de soleil. Saint-Étienne, 1900.

Périer. — Cure marine pour les enfants scrofuleux et rachitiques au sanatorium du Cap Breton. *Th. de Bordeaux*, n° XII, 1910.

Perrion (François). — L'hôpital marin de Pen-Breton, pour le traitement de la tuberculose osseuse et le climat de l'Atlantique breton. *Th. de Paris*, n° 381; 1909.

Pérutz. — Ueber die antagonische wirkung des photodynamischen sensibilisators auf ultra-violettes Licht. *Wien. klin. Woch.*, n° 2; 1912.

Pestel (Eugène). — Traitement par les rayons X de la tuberculose cutanée végétante. *Th. de Paris*, n° 385; 1908.

Petit (P.-C.). — Adénite bacillaire traitée et guérie par les rayons X. *Bull. méd. de Québec*, t. X, p. 30-32; 1908-1909.

Peyri (J.). — El estado actual de las cuestiones referentes a terapeutica luminisca. *Rev. Español de electer y radiol. med.*, t. I, p. 531-568. Valencia, 1912.

Pfahler. — Adénite tuberculeuse traitée par les rayons X ref. *Rev. de Thérap.*, 4 mars 1905.

Piazza. — Diminution de la virulence de la toxine diphtérique par la lumière. *Ann. d'Ig. sperim.*, fasc. IV; 1895.

Piccino (F.) et Falozzi (S.). — Sul'meccanismo diazione dei raggi X et della D'Arsonvallizzazione. *Atti. d. r. Accad. med. chir.*, nouv. sér., t. LIX, p. 261-267. Napoli, 1905.

Pick (W.). — Indikationen und Kontra-Indikationen der Rœntgenbehandlung. *Zentr. f. Ges. Therap.*, t. XXVI, p. 169-172. Wien, 1908.

Pini. — Risultati di radiotherapia. *Giorn. Ital. des mal. ven.*, t. XLIX, p. 281. Milano, 1908.

Pisani. — Action biologique de la lumière électrique bleue sur le travail musculaire. *Ann. d'Électr. méd.*, t. II, n° 8.

Pissareff. — Action des radiations nouvelles (Rayons de Rœntgen. Rayons de Becquerel) sur les êtres vivants. *Th. de Paris*, n° 516; 1903.

Plaesauton. — The influence of the blue ray of the sunlight. Philadelphie, 1877.

Poey. — Sur l'action chimique de la lumière diffuse observée à la Havane à l'aide d'un nouvel actinographe chimique. *C. R. A. S.*, t. LVI, p. 1039.

Pollack. — Licht-Luftbäder. *Arch. f. phys. diatet. Thérap.* Franf-a-O., 1911.

Pollidori (Victor). — Erythème solaire chez les cachectiques (pseudo-pellagre). *Th. de Montpellier*, n° 72; 1908.

Poncet (A.) et Leriche (R.). — Héliothérapie. *Journ. de physioth.*, t. X, p. 539-554. Paris, 1912.

— Héliothérapie. *Lyon méd.*, t. CXIX, p. 661-675; 1912.

— — *Bull. de méd. int.*, t. XVI, p. 291-294. Paris, 1912.

— — Héliothérapie (Communication à l'Acad. de méd., 15 oct. 1912), in *Gaz. des Hôp.*, n° 109; 17 oct. 1912.

Pottenger. — The treatment of tuberculosis of the lymph. glands in children. *Pediatrics*, t. XX, p. 67-74. New-York, 1908.

Potts (Charles-Sower). — Électricity its medical and Surgical applicationes. Including radiotherapy and phototherapy. Lea et Febiger, p. 509, 6 pl. Philadelphie, New-York, 1911.

Pouchet. — Influence de la lumière sur les larves des Diptères privées d'organes extérieurs à la vision. *C. R. A. S.*, t. LXX, p. 1220 et t. LXXIII, p. 489.

Pulsey-Coldwell. — The Rœntgen Ray in therapeutis and diagnostis.

Puntoni (V.). — Sulla resistenza del virus tuberculare et dei suoi prodotti all' azione del radio. *Gazz. d. Osp.*, t. XXXIII, p. 530. Milano, 1912.

Pusey. — Rœntgen rays in the treatment of skin diseases and for the removal of hair. *Med. record*, n° 279. Chicago, avril 1900.
— Report of cases treated worth Rœntgen rays. *Journ. med. assoc.*, t. XXXVII, p. 911-919. Chicago, 1902.

Quervain (de). — Sur le trait. héliothérap. des tubercul. chirurgicales. *Deut. Zeit. f. Chir.*, t. CXIV, fasc. 4, p. 301, 4 avril 1912.
— Les principes modernes dans le traitement des tubercul. dites chirurgicales. *Semaine méd.*, 11 septembre 1912.
— Du traitement des ganglions tuberculeux et des affections tuberculeuses des gaines tendineuses des muscles et du tissu sous-cutané. *Semaine méd.*, 4 juin 1913.
— Du traitement moderne des tuberculoses osseuses et articulaires. *Semaine méd.*, t. XXXIII, p. 3-7. Paris, 1913.
Quincke (de Kiel). — *Semaine méd.*, 30 avril 1902.

Raab. — Ueber die Wirkung fluoreszierender Stoffe auf Infusorien. *Biol. Zeit.*, t. XXI, p. 524; 1900.
Radau. — Résultats obtenus par Bunsen et Roscoë à l'aide de leur actinomètre photographique. *Monit. Scient.*, 1866-1871.
— La lumière et les climats. Gauthier-Villars. Paris, 1877.
— Les radiations chimiques du soleil. Gauthier-Villars. Paris, 1877.
— Actinométrie. Gauthier-Villars. Paris, 1877.
Ramsay (W.). — Dégradation des éléments. *Nature*. Londres, 31 mars 1904.
Ransone et Sheridan. — Action de la lumière sur le bacille tubercul. *Med. Journ.*, n° 12. New-York, 1894.
Rapport sur l'état actuel de la radiothérapie. *Arch. d'Élect. méd.*, t. XII, p. 483-491. Bordeaux, 1904. — Aussi : *Journ. de Physioth.*, t. II, p. 357-365. Paris, 1904.
Ravy (Albert). — La reglobulisation du sang chez les enfants tuberculeux soumis à la cure d'air à l'hôpital Hérold. *Th. de Paris*, n° 40; 1906.
Raynaud. — Des érythèmes produits par la lumière naturelle et artificielle. *Th. de Lyon*, 1892.
Raybaud (L.). — Influence des radiations ultra-violettes sur les animaux. *C. R. Soc. de Biol.*, t. LXXII, p. 635. Paris, 1912.
Raymond. — Des altérations cutanées de la pellagre. *Ann. de Dermat.*, 1889.
— Résultats de mesures photo-électriques faites à Antibes pendant l'année 1911. *C. R. A. S.*, 2 janvier 1912.
Reboul. — Héliothérapie dans le traitement des tuberculoses externes avant ou après les opérations. Congrès intern. de la Tuberc. Paris, octobre 1905.
Récamier (D.). — Action des rayons X sur le développement de l'os. *Arch. d'Électr. méd.*, t. XIV, p. 163-211. Bordeaux, 1906.
— Action des rayons X sur le développement de l'os. Travail du Laboratoire du professeur Bergonié. *Th. de Bordeaux*, n° 78, 1906.
— et Tribondeau (L.). — A propos de l'action des rayons X sur l'ostéogénèse. *C. R. Soc. de Biol.*, t. LIX, p. 621. Paris, 1905.
Rechlinghausen. — Résultats obtenus jusqu'à ce jour dans l'application des rayons ultra-violets. *Rev. d'Hygiène*, t. XXXIV, p. 1446-1453. Paris, 1912.
Redard. — Radiothérapie dans les adénopathies tuberculeuses. *Ann. de Chir. et d'Orthop.*, t. XIX, p. 42-44. Paris, 1906.
— De la radiothérapie dans les tuberculoses osseuse et articulaire. *Ann. d'Électr.*, p. 640, septembre 1906.
— et Barret. — Résultats favorables de la radiothérap. dans les adénites et la tuberculose osseuse et articulaire. Congrès de la Tuberc. Paris, 1905.

Reed (J. V). — The conservative treatment of surgical tuberculosis. *Lancet clinic.*, t. CVII, p. 326-329. Cincinatti, 1912.

Regaud. — Action des rayons X sur différents organes. Soc. de Biol., 10 novembre 1906.

— Action des rayons X sur différents organes : Ass. Franç. Av. Sc. *Lyon méd.*, p. 457. Clermont, 1er mars 1908.

— Etude de l'action des rayons de Rœntgen : 1° sur divers tissus et organes normaux des animaux; 2° sur les tumeurs malignes. *Caisse des Recherches scientifiques.* Publication du ministère de l'instruction publique, 1911.

— et Nogier. — Etude sur l'action des rayons X sur les divers tissus normaux et néoplasiques. Ass. franç. pour l'avanc. des Sc., 41e section (électricité), p. 213. Nîmes, août 1912.

Regnard. — La cure d'altitude. *Paris Méd.*, 16 septembre 1911.

Regnier. — Radioscopie, radiographie, radiothérapie. Appl. techniques et cliniques. Paris, 1906.

Renaud (Maurice). — Irradiations des bactéries et vaccins irradiés. Acad. des Sciences, 28 juillet 1913.

Reuland. — Contribution au traitement des leucémies et des pseudo-leucémies par les rayons X. *Ann. de l'Inst. chir. de Bruxelles*, t. XVI, p. 157-171; 1909.

Reuton (J.-C.). — The conservative treatment of tuberculosis of joints. *Brit. med. Journ.*, t. II, p. 207. Londres, 1913.

Revillet. — Effet curatif du climat méditerranéen et de l'héliothérapie locale. Congrès de méd., 1904.

— Effet curatif du climat méditerranéen et de l'héliothérapie locale dans trois vastes résections osseuses. Congrès de Nice, 1904.

— Le traitement de la tuberculose infantile sur le littoral méditerranéen par les cures marine et solaire. Communication à l'Acad. de méd., 1910; chez Rebaudy, Cannes, 2e édition.

— Le traitement de la tubercul. infantile à Cannes par les cures marines et solaires. *Rev. médic. de Cannes*, 1910.

— Traitement de la tuberculose infantile sur le littoral méditerranéen par les cures marine et solaire. *Ann. de méd. et chir. inf.*, t. XVII, p. 4-17. Paris, 1913.

Richter. — Etude sur la photosynthèse et sur l'absorption par la feuille verte de rayons de longueur d'onde différente. *Rev. gén. de Botan.*, 1902.

— *Deut. med. Woch.*, t. XXXV, n° 17, p. 758; 29 avril 1909.

Rickli. — Médecine naturelle et bains de soleil, 1905.

— La cura athmosferica o il bagno di aria od il bagno di sole. *Riv. int. d'Ig.*, 1896.

Riddell (J. R.) — The X rays in treatment. *Th. méd. chir. soc.*, t. X, p. 117-126. Glasgow, 1911.

de Ridde. — Les rayons ultra-violets. *Clinique.* Bruxelles, 1911.

de Ridder. — Les rayons ultra-violets. *Clinique*, t. XXV, p. 503-506. Bruxelles, 1911.

Rieder. — Lichttérapie. *Handb. f. physik. Therap.* Leipzig, 1901.

Rilow. — Sur l'influence des bains d'air et de soleil sur la température du corps, sur le pouls, sur la pression artérielle, la respiration, la force musculaire et le poids. *Journ. de Physioth.*, 15 octobre 1903.

Rivier. — Cure hélio-marine méditerranéenne. *Th. de Lyon*, novembre 1911.

— Cure de soleil à travers les âges. *Presse méd.*, t. XXI, p. 177; 15 février 1913.

Robertson (H. E.). — The effect of the X rays in living tissus. *Allany. méd. Ann.*, t. XXVII, p. 655-663; 1906.

Robin. — Traitement d'un cas de tuberculose ganglionnaire du cou non ulcérée chez un jeune homme avec un état général satisfaisant. *Bull. méd.*, p. 531, 13 juin 1906.

Robin. — Tuberculose ganglionnaire du cou, son traitement. *Médec. mod.*, 18 juillet 1906.
— Traitement médical des adénites tuberculeuses. *Bull. méd.*, p. 581; 1907.
— Du traitement général des adénites tuberculeuses. *Ann. de méd. et chir. infant.*, t. XII, p. 192. Paris, 1908.
— Le climat marin dans le traitement de la tuberculose. *Bull. gén. de Thérap.*, 1910.
— et Binet. — Des effets du climat marin et des bains de mer sur les phénomènes intimes de la nutrition; applications thérapeutiques. Congr. intern. de thalass. de Biarritz, 1903.
— — Variations des échanges respiratoires sous l'influence de l'altitude, de la lumière, de la chaleur et du froid. *Journ. de Physioth.*, 15 février 1903.
— et Bith (H.). — Biologie de l'héliothérapie. *Rapport au Congrès de l'Ass. intern. de Thalass. de Cannes*, 135 pages, 1914.
Rochaix (A.) et Colin. — Action des rayons émis par la lampe en quartz à vapeur de mercure sur la colorabilité des bacilles acido-résistants. *C. R. A. S.*, t. CLIII, p. 1253-1256. Paris, 1911.
— — Action des rayons ultra-violets sur la colorabilité des bacilles acido-résistants; coloration des bacilles tuberculeux et granulations de Much. Non spécificité de ces granulations. *Bull. Soc. méd. des hôp. de Lyon*, t. X, p. 13-16; 1912.
Roederer (Carles). — La radiothérapie dans les tuberculoses ganglionnaires, articulaires et osseuses. *Th. de Paris*, n° 106; 1907.
— A propos de l'héliothérapie. *Journal de méd. de Paris*, 2e série, t. XXIII, p. 591; 1911.
Rogovine (Mme). — Influence de la lumière blanche et de la lumière colorée sur l'évolution des êtres vivants. *Th. de Paris.* (Bibliographie très documentée annexée à cette thèse.) 1901.
Rollier. — Le traitement des tuberculoses chirurgicales par la cure d'altitude de l'héliothérapie. Congr. intern. de la tuberculose. Paris, 1905.
— La cure solaire et la cure d'altitude des tuberculoses chirurgicales. Communication au Congrès de physiothérapie. Paris, 1907.
— La cure d'altitude et la cure solaire dans la tuberculose chirurgicale. Congr. intern. de Physiot. Rome, 1907.
— La cure solaire de la tuberculose chirurgicale, recherches scientifiques et résultats cliniques. *Rev. méd. de la Suisse romande*, n° 12. Genève, 1909.
— Die sonnen behandlung der chirurgischen. Tuberculose. *Bericht über die X, Deut. Studiewreise.* Berlin, 1910.
— La cure solaire de la tuberculose chirurgicale. *Paris méd.*, 31 décembre 1910.
— Recherches scientifiques et nouveaux résultats cliniques de la cure solaire de la tuberculose chirurgicale. Congrès de Physiothérap. Paris, 1910 et 1911.
— Résultats obtenus avec l'héliothérap. dans les tubercul. chirurg. Soc. méd. de la Suisse romande, 19 octobre 1911.
— Tuberculose chirurgicale avant et après la cure solaire. Soc. méd. de la Suisse romande, 19 octobre 1911.
— La cure solaire de la tuberculose. *Paris méd.*, 1911.
— L'héliothérapie de la tuberculose externe à l'altitude; ses résultats contrôlés par les rayons X. Statistique de 650 cas. Congrès intern. de la tuberculose. Rome, avril 1912. *Deut. Zeit. f. chir.*, t. CXVI, p. 643; 1912.
— Sur l'héliothérapie de la tuberculose du pied. Soc. de médecine de Leysin, 29 février 1912, et *Rev. méd. de la Suisse romande*, 29 mai 1912.
— Sur le traitement du mal de Pott. Soc. des méd. de Leysin, 29 février 1912, et *Rev. méd. de la Suisse romande*, 29 mai 1912.

Rollier. — La cure solaire de la tuberculose. IIe Congrès autrichien de la tuberculose, juin 1912.
— Die sonnenbehandlung der Tuberkulose. *Naturforscher u. Arztevertannulung.* Münster, septembre 1912.
— Die sonnenbehandlung der Tuberkulose. 84e Versammel. *Deut. Naturforsch. u. Aezrte.* Münster i. Wiener, 15-21 septembre 1912.
— Die sonnenbehandlung der tuberkulose. *Wien. klin. Woch.*, t. XXV, p. 107-108 ; 1912.
— La pratique de la cure solaire de la tubercul. externe et ses résultats cliniques. *Paris méd.*, 15 février 1913.
— Die sonnenbehandlung der tuberkulose. *Deutsch. Naturf. u. Aerzte.*, t. XXIX, p. 186-222. Wiesbaden, 1913.
— et Rosselet. — Sur le rôle du pigment épidermique et de la chlorophylle. *Bull. de la Soc. vaudoise des Sc. natur.*, 1908.
— — La cure solaire de la tuberculose chirurgicale. *Paris méd.*, 1911.
Rollins (W.). — Why X Light affects the blood vessels. *Boston med. Sc. Journ.*, t. CLIII, p. 157; 1905.
— Notes on X Light. *Arch. physiol. thérap.*, t. LI, p. 172-176. Boston, 1905.
Roentgen. — Sur de nouveaux rayons émanés d'un tube de Crookes (Rayons X). 1er Mémoire : *Sitzungsb. der Akad. der Wissench. zu Berlin*, décembre 1895. 2e Mémoire : *Journ. de Phys.*, 3e sér., t. V, p. 101. Paris, mars 1896. 3e Mémoire : *Sitzungsb. der Akad. der Wissench. zu Berlin*, 7 mai 1897.
Roques (C. M.). — Le traitement radiothérapique des adénites chroniques bacillaires. *Arch. d'Électr. méd.*, t. XXI, p 57-81. Bordeaux, 1912.
Rosenlerger. — Mitteilungen über den therapeutischen wert der Rœntgenstrahlen in der chirurgie. *Verhandl. d. deuts. Rœnt. Ges.*, t. II, p. 59-65, 4 pl. Hambourg, 1906.
Rossbach. — Die rhytmischeen Bewe gungsercheinungen d. einf. Organism u. ihr. Verhalten gegen physic Agent, 1871.
Rosselet. — Les radiations ultra-violettes. *Tuberculosis*, p. 175, mai 1911.
Rothschild. — Moderne Bestrelungen einer konservativen Behandlung der chirurgischen Tuberkulose. *Centralbl. f. d. Grenz-geb. d. med. u. chir.*, t. XVI, p. 519-544. Iéna, 1913.
Roullaud (Henri). — Les bains d'air, de lumière et de soleil. *Courrier méd.*, 1906.
Rouchi et Fubini. — Variation dans l'émission de CO^2 par un membre placé dans l'obscurité ou à la lumière. *Arch. per Scienze mediche*, vol. I, 1879.
Roux. — Action de la lumière sur les microbes. *Ann. de l'Inst. Pasteur*, t. I, p. 445; 1887.
— L'héliothérap. dans les tubercul. locales et la méthode de Dreyer dans les adénites tuberculeuses expérimentales. Congrès de Climatol. de Nice, 1907.
Rübner et Cramer. — Einfluss der Sonnenstrahlung auf Stoffwechsel. *Arch. Hyg.*, t. XX, p. 343; 1894.
Runell. — Cure de soleil. *Strand mag.* London, 1898.
Ruoff. — Die Einwirkung des electrischen Lichts auf Bakterien. Stuttgart, 1912.
Roscoe et Bunsen. — *Annales de phys. et de chim.*, 3e série, t. LV, p. 352; 1859.
Rutherford (F.). — The chemical effect perduced by the radiation from active matter. *Brit. med. Journ.*, t. II, p. 371-373. London, 1912.

Saleil (Ernest). — Contribution à l'étude de la technique de la radiothérapie. *Th. de Paris*, no 140 ; 1910.
Santori. — Influenza della temperatura sull' azione microbicida della luce. *Ann. dell' Ist. d'Igiene sperim.*, vol. II, p. 121. Rome, 1890.

Santori. — Action de la lumière sur le bacille du charbon. *Bollett. dell' Accad. Medica*, t. XVI. Rome, 1889-1890.

Salomon (H.). — Licht in seiner Einwirkung auf die Stoffwechsel vongänge. V. *Noordens's Handbuch der Pathologie des Stoffwechsels*, p. 613; 1907.

Sandoz (Fernand). — Introduction à la thérapeutique naturaliste par les agents physiques et diététiques. *Th. de Paris*, n° 323 ; 1907.

— La cure atmosphérique. Vigot, Paris, 1908.

Sarason. — Ueber Licht-therapie. *Deut. Med. Zeit.* Berlin, 1901.

Sardou. — Formule générale de l'action du climat du littoral méditerranéen français considéré au point de vue clinique. Congr. de Climatol. de Nice, 1904.

— L'héliothérapie en France et sur le littoral méditerranéen. Soc. méd. du littoral. *Presse méd.*, 2 mars 1912.

Sartory et Marc Langlais. — Poussières et microbes de l'air. A été l'objet du Prix Montyon (Méd. chir.) décerné par l'Académie des Sciences, le 15 décembre 1913.

Scaduto. — La Radiotherapie dei linfomi come contributa alla profilassi del lupus. *Gior. Ital. d. Mal. Ven.* t. XLVI, p. 120-123. Milan, 1911.

Schaer. — Die Sonnenbehandlung und ihre wissenchafte. Grundlagen, 1906.

Scherk. — Die Enzymwirkung in ihrer Bezrehung zur Lichttherapie. *Arch. f. Lichtherap.* Berlin, 1911.

Schiff (E.). — Erfolge der Rœntgentherapie. In-8°. Vienne, 1904.

— et Freund. — Beiträge zur Radiotherapie. *Ann. d'Electrobiol. et de Radiol.*, etc., t. I, p. 468-482. Paris, 1898,

— — Etat actuel de la radiothérapie. *C. R. du Congr. intern. de méd.* Sect. de dermat. et syph., p. 172-177. Paris, 1900; Also: *Ann. d'Electrobiol.*, t. IV, p. 70-76. Paris, 1901.

Schlaepfer. — Die photoaktivität des Blutes. *Berlin. klin.*, t. XLII, p. 1-185.

Schmerz (H.). — Ueber die Einwirkung der Rœntgenlichtes auf chirurgische Tuberkulose. *Mitt. d. Ver. d. Aerzte in Steiermark. Gaz.*, t. XLIX, p. 177-184; 1912.

Schmidt (H. E.). — Falsche Wege inder Rœntgentherapie. *Zeit. f. der Arztl Prax.*, t. XXI, p. 185-187. Berlin, 1908.

Schnetzler. — *Arch. des Sciences phys. et nat.*, 1874.

Schönberg (Albers). — Ueber eine bisher unbehannte Wirkung der Rœntgenstrahlen auf den Organismus der Thiere. *Munch. med. Woch.*, 17 octobre 1903. — Azoospermie et rayons X. *Gaz. hebd. des Sc. méd. de Bordeaux.* 15 novembre 1903.

— Développement et état actuel de la radiologie. *Journ. de Physioth.* t. III, p. 205-215. Paris, 1905.

Scholtz. — Radiothérapie des spina-ventosa. *Ver. f. Wissench. Hilk.* Konigsberg. 3 décembre 1906.

Schönenberger. — Einfluss des Lichtes auf den thierischen Organismus. *Th. de Berlin*, 1898.

Schott (Léon). — Les cures atmosphériques et de régime dans les maladies chroniques (bains d'air, de lumière et de soleil). Régime naturaliste. *Th. de Paris*, 46 pages, 1910.

— Mode d'application des bains d'air, de lumière et de soleil. *Rev. intern. de la Tuberculose.* Paris, 1910.

von Schrötter. — Sonnen und Hohenforschung. Conférence intern. de la Tuberculose. Bruxelles, octobre 1910.

— Comparaison entre les effets de la mer et de la montagne. Conf. internat. de la Tuberculose. Bruxelles, 1910.

von Schrötter (Hermann). — Bernerkzum Studium der Licht wirkung und der Sonnenkusen. *Das öterreischische Sonitats wesen*, nº 37; 1911.
— Action de l'insolation dans le traitement de la tuberculose. VIIe Congrès de la tuberculose. Rome, avril 1912.
Schrumpf (P.). — Les effets physiologiques du climat de hauteur et des indications thérapeutiques des cures de haute altitude. *C. R. Soc. méd. de Bruxelles*, t. XVII, p. 287-294; 1912.
— Die tuberkulose behandlung im Süden und speziell ander Riviera. *Med. Klin.*, t. IX, p. 951. Berlin, 1913.
Schultz. — Zur elektiven Wirkung der Rœntgenstrahlen. *Berl. klin. Woch.*, t. XLVI, p. 129; 1909.
Schwarz (G.). — Zur fage des wirksamen Prinzips biochemischen Strahlenreaktionen. *Berl. klin. Woch.*, t. I, p. 396; 1913.
Secchi. — Le Soleil.
Selmi et Piacentini. — Hoppe Seyler. *Phys. Chem.*, p. 53.
— — Recherches sur l'action de la lumière. *Instit. Lomb. di Scienz. et lettere*, p. 57-63; 1870.
Senn. — Première observation de leucémie traitée par les rayons X. *Med. Rec.*, New-York, août 1903.
Sennebier. — Physikalisch chemische Abhandlungen. Leipzig, 1785.
Sersiron. — Le bain de soleil. *La Clinique*, 26 février 1909.
Sibley. — Notes of cases treated by radiant heat and light. *Journ. physic Therapeutic.* Londres, 1901.
— The treatment of disease by light and heat. XIIIe Congrès intern. de Méd., sect. de Thérap., 1900.
Sichel (G.). — The present position of radiations in treatment. *Hospital London*, t. XL, p. 153-175; 1906.
Sieffermann. — La lumière en thérapeutique. *Gaz. méd. de Strasbourg*, 1900.
Singer. — Bains d'air et de soleil. *Journ. de Physiothér.*, 15 octobre 1903.
Smith (H. E.). — X Ray Therapy. *Med. Rec.*, t. LXXXII, p. 891-893. New-York, 1912.
Sommer (E.). — Ueber Rœntgentherapie. *Centralbl. f. Schweiz. Aerzte*, t. XXXVIII, p. 463-466. Basel, 1908.
— Ueber neuere Strahlen und ihre Auwendung inder Therapie. *Ann. d. Schweiz. balneol. Ges.*, Heft VIII, p. 39-58. Aarau, 1912.
Soltara. — La Helio Marinoterapia. *Gacetta Medica del Norte Bilbao*, p. 297, octobre 1912.
Some. — Observations on the physiological aspect of radiotherapeutics; the effects of radiations upon the immunizing power of the blud. (Edit.) *Treatment*, t. IX, p. 668-674. Londres, 1905-1906.
Sorel. — Sur l'action physiologique et pathologique des rayons X. *C. R. A. S.*, t. CXXIV, p. 826-828. Paris, 1897.
Soret (J. L.). — Recherches sur l'absorption des rayons ultra-violets. *Arch. des Sc. phys. et nat.*, 2e pér., t. LXI-LXII; 3e pér., t. IV, IX, X, 1878-1883.
Sorgo. — Ueber die Behandlung der Kehlkopftuberculose mit reflektierten sonnenlichte. *Wien. klin. Woch.*, 1904.
— Ueber die Behandlung der Kehlkopftuberk mit Sonnenlicht nebst einem Vorsdilag zur Behandlung dersel ben mit Künstlichem Lichte. *Wien. klin. Woch.*, 26 janvier 1905.
Spaulock (A.). — Beiträg zur Methodikder Lichttherapie. *Arch. f. phys. Med. u. med. Techn.*, t. VI, p. 157-162. Leipzig, 1911-1912.
Speck (J.). — Physiologie des menschlichen Atmens, t. XII, p. 146. Leipzig, 1895.
Spéder. — Effets cutanés des rayons X filtrés par 2 centimètres d'aluminium. *Arch. d'Elect. méd.* Bordeaux, 10 février 1912.

Spirtow. — Ueber den Einfluss des farbigen Lichts auf den menschlichen Blutdruck. *Russiche mediz.*, n° 2. Rundschau, 1907.

Spitzmüller et Peterka. — Zur heliotherapie des chirurgischen Tuberkulose und Skrofulose. *Wien. klin. Woch.*, n° 29 ; 1912.

Stahl. — Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Bervegungersdheinungen der Schwarmsporen. *Verhand. der physic. medic. Ges., in Würzburg*, 1878.

Von Stein. — Action analgésiante de la lumière électrique. *Semaine méd.*, 20 août 1890.

Steinach. — Untersuchungen zur vergleichenden. Physiologie des Iris. *Pflüger's Archiv.*, t. II, 1892.

Stern (A. H.). — The radioactivi treatment tuberculosis. *Med. Rev. of Rev.*, t. XIX, p. 165-169. New-York, 1913.

Stilev (H. Y.). — Pathology and treatment of tuberculosis of the bones and joints. *Journ. am. Med. Ass.*, t. LVIII, p. 527-537. Chicago, 1912.

Van Stockum (W. S.). — Die Therapeutische Wirkung der mit Rœntgenstrahlen Vorbe Landelten Milz bei Tuberkulose. *Wien. klin. Woch.*, t. XXV, p. 1857-1863; 1912.

Strahlentherapie. — Mitteilungen aus dem Gebiete der Behandlung mit Rœntgenstrahlen-Licht und radioactiven Substanzen. Urban et Schwarzenberg. Vol. I. In-8°. Berlin et Vienne, 1912.

Straube. — Ueber die Behandlung der Spondylitis tuberculatos in Leysin. *Deut. Zeit. f. Chir.*, Bd CXIX.

— Ueber die Behandlung des Spondylitis tuberculosa in Leysin und damit erzielten Resultate. *Deut. Zeit. f. Chir.*, Bd CXIX, 1912.

Strebel — Coups de soleil sur les glaciers. *Arch. f. Licht.*, p. 322; 1901.

— Recherches sur les rayons bactéricides de faible longueur d'onde. *Arch. f. Licht.*, p. 322; 1901.

— Die Verwendung des Lichtes in der Therapie. *München, Sertz und Schauer*, 1902.

Strunsky. — Tuberculous Glands of the neck cured by the X Ray. *Med. Journ.*, t. XCVI, p. 743-445. New-York, 1912.

Szpaubock. — Contribution à l'héliothérapie méthodique. *Gazeta Lekarsha*, 30 septembre 1911.

von Tappeiner (H.). — Uber die Wirkung fluoreszierender Stoffe. *Munch. med. Woch.*, t. LXVIII, p. 1810; 1901.

— et Jesionek. — Essais thérapeutiques avec des substances fluorescentes. *Munch. med. Woch.*, 24 novembre 1903.

Thaon. — Recherches sur l'influence du soleil sur la richesse du sang. Soc. méd. de Climatol., 19 avril 1878.

Theron (A.). — Photothérapie et lupus. *Th. de Montpellier*, n° 28; 1903.

Timiriazeff. — Recherches sur la décomposition de l'acide carbonique dans le spectre solaire par les parties vertes des végétaux. *Ann. de Phys. et de Chim.*, 5e série, t. XII, 1877.

Tissot. — Etude des phénomènes de survie des muscles après la mort. *Th. de Paris*, 1895.

Titus (E. C.). — Relative action of the Rœntgen ray and Light upon the enzymes and their therapeutic significance. *Journ. Advanc. Therap.*, t. XXIII, p. 645-651. New-York, 1905.

Tixier (de Menton). — Héliothérapie marine méditerranéenne et radiothérapie combinées. Comm. au Congrès intern. de méd. de Londres, 1913.

Tostivint. — Des bains de lumière en thérapeutique. Maloine, 1907.

Trayer. — Lupus exedens with the history of a case sucess. fully treated by the use of the solar ray cautery. *Pacific Med. et Soc.* San Francisco, 1882-1883.

Tregor. — Résultats obtenus par radiothérapie dans la tuberculose osseuse. *Brit. med. Journ.*, t. I, p. 184; 1905.

Tribondeau. — Voir Récamier et Tribondeau.

Trsteniske. — Héliothérapie dans la tuberculose externe. Ier Congrès jongoslave de méd. opérat. Belgrade, septembre 1911.

Turner. — A manual of practical medical electricity the Rœntgen Rays, Finsen light, radium and its radiations, and Light frequency erments. Revised enlargel. In-8°, 4 édit. London. 1904.

Uffelmann. — Action purificatrice de la lumière. *Arch. f. Hygiene*, p. 289; 1888.

— Die Hygienische Bedentung des Sonnenlichtes. *Arch. f. Hygiene.* Vienne, 1889.

Unna. — Ueber das Pigment des meuschlichen Haut. *Monatsch. f. Derm.*, p. 285; 1885.

Urbain. — Snr le spectre de phosphorescence ultra-violet des fluorines, *C. R. A. S.*, t. CXLIV, p. 30; 1907.

Urbain, Scal, Feige. — Stérilisation des grandes masses d'eau par l'ultra-violet. *C. R. A. S.*, t. CLI, p. 770-772; 1910.

Vale. — A brief Note on the X Ray treatment of glandular tuberculosis. *Med. News Journ.*, p. 30; 1904.

Vallot (J.). — De l'actinométrie dans ses rapports avec l'héliothérapie et la climatologie marine. *Rapp. au Congrès de l'Ass. intern. de Thalass. de Cannes*, 33 pages, 1914.

— et Faure (Maurice). — Les règles physiques de l'héliothérapie. *Presse méd.*, n° 28, p. 421-423; 8 avril 1914.

Valobra. — Sulla Rœntgenterapica delle adenopattica tuberculosa suppurante. *Gior. della r. Acad. de Med. de Torino*, vol. XI, f. 5, p. 46.

Vaquez. — Action des rayons X sur l'organisme malade. *Arch. d'Elect. méd.*, t. XIV. p. 699-705. Bordeaux, 1906.

Vejel. — Ueber einen Fall von Eczema solare. *Vierfelfahressch. f. Dermat. u. Syph.*, p. 1113; 1887.

Verneuil. — La cure marine en général et le traitement de la tuberculose osseuse en particulier. *Clinique*, t. XXV, p. 529-536. Bruxelles, 1911.

Vidal. — Influence du climat méditerranéen snr la tuberculose et les tuberculeux. Congr. de Climat. de Nice, 1904.

Vidmark. — Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Haut. *Hygiea Festhand*, t. III.

Vignard. — Peut-on opérer des tuberculoses externes? *Journ. des Prat.*, t. II, 1912.

— Synovectomie et évidements partiels dans une tumeur blanche du genou; les résultats de l'héliothérapie. *Lyon méd.*, t. CXVIII, p. 903; 1912.

— L'héliothérapie artificielle dans le traitement des tuberculoses externes. *Bull. de la Soc. de Clin. de Lyon*, t. XVI, p. 33; 23 janvier 1913.

— L'héliothérapie artificielle dans le traitement des tuberculoses externes. *Lyon méd.*, t. CXX, p. 1029-1034; 1913.

— Héliothérapie artificielle. *Avenir méd.*, 1er mai 1914.

— et Jouffray. — Technique générale et spéciale de l'héliothérapie. *Avenir méd.*, novembre 1913.

— — La cure solaire des tuberculoses chirurgicales. Monographies cliniques, n° 74, 28 pages; chez Masson.

Vincent. — Influence de la lumière solaire sur le bacille de la fièvre typhoïde. *Rev. d'Hyg.*, mars 1898.

Vochting. — Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Gestaltung und Anlage der Blüten. *Prings Jahrb.*, t. XXV, 1893.

Vulpius (O.). — Die Einrichtungen des Sanatoriums Solbad Rappenau für

Knochen-Gelenk-und Drüsenlieden (Chirurgische Tuberkulose). *Strahlentherapie*, t. I, p. 274-276. Berlin et Vienne, 1912.

Vulpius (O.). — Ueber die Licht Behandlung der chirurgischen tuberkulose. *Münch. med. Woch.*, t. LX, p. 1079-1083; 1913.

— Die Behandlung der chirurgischen tuberkulose in spezialheilanstalten. *Med. klin. Berl.*, t. IX, p. 746-748, Berlin, 1913.

Wagner (R.). — Physikalische Bemerkungen Kromayer. Lampe Finsenlicht. u. violetstrahlen, etc. *All. méd. Centr. Zeit.*, t. LXXXII, p. 51, 65. Berlin, 1913.

— Traitement des plaies cutanées en voie de bourgeonnement. *Centralbl. f. chir.*, 12 déc. 1903.

Walsh (D.). — The Rœntgen rays in medical Work. In-8, New-York. 1907.

Wather (J.-R.). — Radiotherapy in the light treatment in disease. *Ann. Soc. Dermat. et Genito-urin. Dis.*, t. VIII, p. 152-156. Saint-Louis, 1904.

Wedding. — *Verhand. der Berl. Gess. f. Anthrop.*, p. 57; 1887.

— Action de la lumière sur la peau des animaux. *Verhand. der Berl. Gess. f. Anthrop.*, p. 167; 1899.

Weiss (G.). — Échanges gazeux de la grenouille. Action de la lumière. *C. R. Soc. de Biol.*, t. LXIV, p. 391; 1908.

Weitz (Moriz). — Die Kombination von Milchsaürebehandlung und sonnenlichtung bei einem tuberkulösen Geschwüre der Unterlippe. *Wien. klin. Woch.*, 1906.

Wesbrook (P.). — The growth of cholera and other) bacilli in direct sunlight. *Journ. of Pathol. and Bacteriol.*, janvier 1896.

Wettendorff (H.). — Traitement des tuberculoses chirurgicales par les radiations solaires. *Polyclin.*, t. XXI, p. 97-113. Bruxelles, 1912.

— La cure hélio-marine. *Journ. méd. de Bruxelles*, p. 75-87, 4 pl., 6 mars 1913.

Wetterer. — Une nouvelle application des rayons X, l'irradiation homogène des tissus profonds. *Arch. d'Électr. méd.*, t. XVI, p. 844-845; 1908.

— Manuel de radiothérapie. Handbuch der Rœntgentherapie von Joseph Wetterer (Mannheim). Otto Nemnich, Verlag, Leipzig, 1913-1914.

Wichmann (P.). — Zur Rœntgentherapie. *Münch. med. Woch.*, t. LII, p. 1636-1638; 1905.

— Ueber sensibilisierung inder Rœntgentherapie. *Verhandl. d. Ges. deut. Naturf. u. Aerzte*, 1907, t. II, H. 2, pl 405. Leipzig, 1900.

Wickham et Degrais. — Traitement des tuberculoses locales par le radium *Clinique*, t. VII, p. 395. Paris, 1912.

Widmarck. — Hygiène. *Festband*, n° 2, 1889.

— Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Haut. Hygiea. *Festband*, n° 3; 1889.

Widner. — Neure Erfolge und Erfahrungen aus den gebieten der Heliotherap. *Münch. med. Woch.*, t. LVI, n° 35; 31 août 1909.

Wiesner. — Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreiche. *Denkschr. der k. Akad. der Wiss. Wien.*, 1872; II, 1880.

— Die Virkung den Sonnenlichtes auf pathogene Bakterien. *Arch. f. Hyg.*, 1907.

Wilheim (J.). — Das Sonnen med. Lufbad w. Szelinski, in-8°; 1910.

Wilhem. — Das Sonnen und Luft Bad ein moderner Heilfaktor für viele Seiden der Organismus. Wien, 1906.

Williams. — Effets analgésiques et toniques des rayons X. *Sem. méd*, 21 octobre 1903.

— X ray therapy with report of cases. Tr. Med. Soc. Virg., 1903. *Richmond*, p. 63-72; 1904.

— Rœntgen Ray. *Medicine and Surgery*.

Winkler. — Die licht luft und Sonnenkuren, etc. Winkler, in-8°. Franendorf, 1912.
Winslow. — Light its influence on life and health, 1867.
Winternitz. — Ueber Lichttherap. *Deut. med. Zeit.* Berlin, 1901.
— Zu Sonnenhuren. *Wien. klin. Woch.*, t. XXIV, p. 1698-1700; 1911.
Witmer. — Sur l'influence de l'héliothérapie à de hautes altitudes dans les tuberculoses chirurgicales. *Deut. Zeit. f. chir.*, t. CXIV, n° 4, p. 308, avril 1912. — *Th. de Bâle*, n° 114; 1912.
Wittek. — Zur Sonnenberhandlung der chirurgischen Tuberkulose. *Beitr. z. klin. chir.*, t. LXXXI, p. 694-702. Tühing, 1912.
— (Arnold). — Ein Beitrag zur Sonnenbehandlung der chirurgischen Tuberculose. *Beitr. z. klin. chir.*, t. LXXXI, 1912.
— Zur sonnenbehandlung der chirurgischen tuberkulose. *Wien. klin. Woch.*, n° 26, p. 1073; 26 juin 1913.
Wittling. — Action purificatrice de la lumière. *Wien. klin. Woch.*, p. 1229; 1896.
Wolpert. — Einfluss der Besonnung auf den Gaswechsel der Menschen. *Arch. Hyg.*, t. XLIV, p. 323; 1902.

Ymaz (Ignacio). — Tratamiento de las tuberculosis osteoarticulare. *Semaine méd.*, t. XX, p. 909-927; 1913.
Yung. — De l'influence des différentes couleurs du spectre sur le développement des animaux. *Arch. de zool. expér.*, 1878.
— Action de la lumière sur la nutrition animale, *C. R. A. S.*, t. LXXXVII et *Arch. de zool. exp.*, t. VII, p. 2; 1878.

Zadrio. Zur Prague der Heliotherapie. *Wien. klin. Woch.*, t. XXV, p. 527-530; 1912.
Zimmern (A.). — Les bases physico-biologiques de l'Héliothérapie. *Presse méd.*; n° 38, p. 377-380; 10 mai 1913.
— Conception actuelle de la nature des rayons X. *Presse méd.*, n° 99; 6 décembre 1913.
— Voir aussi Oudin et Zimmern.
Zippel. — La cure de lumière. *Bourgogne méd.*, 1902.
Zuntz. — La lumière et la tuberculose. VII° Congrès de la tuberculose. Rome, avril 1912.

TABLE DES MATIÈRES[1]

Pages.

INTRODUCTION IX

PREMIÈRE PARTIE

Etude physique des Radiations solaires et de Rœntgen.

CHAPITRE I. — Radiations solaires. 1
— II. — Radiations de Rœntgen 61

DEUXIÈME PARTIE

Rôle biologique des Radiations lumineuses et de Rœntgen.

CHAPITRE I. — Rôle biologique de la lumière solaire. 77
— II. — Rôle biologique des rayons X 133

TROISIÈME PARTIE

Rôle thérapeutique des Radiations solaires et des Radiations de Rœntgen.

CHAPITRE I. — Rôle thérapeutique du soleil. 143
— II. — Rôle thérapeutique des rayons X. 150

QUATRIÈME PARTIE

Technique générale de l'Héliothérapie et de la Radiothérapie.

CHAPITRE I. — Technique de l'héliothérapie. 157
— II. — Technique de la radiothérapie. 171

1. Pour le détail des chapitres, voir le sommaire qui se trouve en tête de chacun d'eux.

CINQUIÈME PARTIE

Résultats obtenus par l'Héliothérapie (Rôle du milieu ambiant). Résultats obtenus par la Radiothérapie.

Pages.

CHAPITRE I. — Considérations sur les effets obtenus par l'héliothérapie 181
— II. — Résultats obtenus par la radiothérapie 193

SIXIÈME PARTIE

Indications respectives de la Radiothérapie et de l'Héliothérapie. Association des deux méthodes.

CHAPITRE I. — Indications respectives de la radiothérapie et de l'héliothérapie 205
— II. — Association des deux méthodes 207

SEPTIÈME PARTIE

Considérations sur le traitement chirurgical et sur l'utilité d'adjoindre aux services de chirurgie un solarium et un laboratoire de Rayons X.

Considérations sur le traitement chirurgical 209
Nécessité du solarium et du laboratoire de rayons X annexés aux services de chirurgie. 211

CONCLUSIONS. 213

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE 217

TABLE DES MATIÈRES 259

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette.

ERRATA

Page 26, 5e ligne, lire : l'*amidon*, et non : le sucre se serait transformé en maltose.

Page 35, la légende de la figure est la suivante : *Gamme des radiations lumineuses jusqu'à l'extrême ultra-violet connu fourni par les sources artificielles.*

Page 38, 3e et 4e lignes, lire : *Or, le bleuissement semble attribuable à un phénomène d'oxydation et la décoloration à un phénomène de réduction* (*D. Berthelot*).

Page 39, 15e ligne, lire : *1/10.000 de degré*, et non : 1/100.000.

Page 44, 21e ligne, lire : la note *2* et non la note 1.

Page 46, 27e ligne, lire : *30* et non 36.

Page 95, note 2, 7e ligne, lire : polypes *hydroïdes*; 16e ligne : la formule est $(e = ixt)$.

Page 200, note 1, lire : *Sannul.* Klin., etc...

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

Page 225, lire : Carnot et Mlle *Deflandre.*

Page 226, lire : *Chatin* et Carle.

Page 235, Henri (V.) et Stodel (G.). Lire : les rayons ultra-violets et *leurs applications* à la stérilisation.

Page 241, lire : *London* (E. S.) et non Lodon.